

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA (ETSAB)  
CENTRO DE POLÍTICA DE SUELO Y VALORACIONES (CPSV)

MASTER UNIVERSITARIO EN ESTUDIOS AVANZADOS EN ARQUITECTURA-BARCELONA (MBArch)  
LÍNEA DE GESTIÓN Y VALORACIÓN URBANA Y ARQUITECTÓNICA



## Aplicación de los UAV convencionales para la identificación y clasificación de los espacios verdes densos

Estudio de caso de la Parc Turó-Barcelona

TESIS DE MÁSTER

que presenta

**WEIZHAO MA**

WJIAN\_23@163.COM

Director de Tesis

**JOSEP ROCA CLADERA**

## RESUME

Los espacios verdes pueden tener una mejor regulación de la temperatura ambiental, muchos documentos han hecho una serie de recercas e investigaciones, el porcentaje de la zona verde en el entorno de las personas tiene relación positiva con la salud. Por eso, el análisis de la distribución de los espacios de zonas verdes urbanos es muy importante.

Este texto se analiza los verdes urbanos con la ayuda de dron fotografiando en altura baja y no profesional

El objetivo principal es concluir el correcto porcentaje de la cobertura del espacio verde.

Mediante de analizar los datos obtenidos del dron fotografiados a los espacios verdes, es posible detectar y analizar mejor a los condiciones concretos de los arboles en los espacios verdes?

Ponemos la Parc Turó de Barcelona como caso final, mediante de diferentes aplicaciones y programas como Done2map, Ecognition y Arcgis Pro, obtenemos el superficie total del espacio verde, los tipos y números de arboles en esa zona.

Palabras clave: espacios verdes, dron convencional, parque, tipología de arboles, número de arboles

## ABSTRACT

The green spaces can have a better regulation of the environmental temperature, many documents have made a series of recercas and investigations, the percentage of the green area in the environment of people has a positive relationship with health. Therefore, the analysis of the distribution of urban green space spaces is very important.

This text analyzes urban greens with the help of drone photographing at low and non-professional height

The main objective is to conclude the correct percentage of green space coverage.

By analyzing the data obtained from the drone photographed in green spaces, is it possible to detect and analyze better the concrete conditions of trees in green spaces?

We put the Parc Turó de Barcelona as a final case, through different applications and programs such as Done2map, Ecognition and Arcgis Pro, we obtain the total surface of the green space, the types and numbers of trees in that area.

Keywords: green spaces, conventional drone, park, type of trees, number of trees

## ÍNDICE

RESUME .....	2
ABSTRACT .....	2
ÍNDICE .....	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
AGRADECIMIENTOS .....	6
Antecedentes y justificación .....	7
Objetivo .....	8
Metodología .....	8
Hipótesis .....	9
Marco teórico .....	9
1. Concepto del espacio verde. Características del Parc Turó de Barcelona, superficie de la zona verde	9
1.1 Concepto del espacio verde. ....	9
1.2 Los parques de Barcelona: Descripción general y superficie de los espacios verdes. ....	10
2 Revisión de literatura .....	11
2.1 Clasificación de la vegetación y generalización imagen.....	11
2.2 Situación actual de los sistemas de fotografía con control de remota.....	11
2.3 Estado de la investigación del sistema de procesamiento de imágenes de teledetección .....	13
3 Contenido de análisis principal y Pasos de investigación.....	14
3.1 Contenidos de análisis.....	14
3.2 Pasos de investigación.....	15
4 Sistema de fotografía aérea de dron en baja altitud.....	15
4.1 Sistema de fotografía aérea de baja altitud UAV.....	15
4.1.1 Plataforma de vuelo .....	15
4.1.2 Sistema de control de vuelo .....	16
4.1.3 Sistema de vigilancia terrestre.....	16
4.1.4 Sistema fotográfica.....	17
4.2 Características del sistema de fotografía aérea con drones.....	17
4.2.1 Movilidad, flexibilidad y seguridad .....	17
4.2.2 Bajo coste y mantenimiento fácil .....	17
4.2.3 Cámara digital.....	17
4.3 Factores que afectan a la fotografía aérea de drones .....	18
4.3.1 Error producido por la cámara digital.....	18
4.3.2 Efectos de la elevación del terreno .....	18
4.3.3 Influencia de las condiciones atmosféricas en la calidad de la imagen .....	18
4.4 Principales indicadores de calidad y requisitos para la fotogrametría aérea de medición.....	18
4.4.1 Superposición de imágenes.....	18
4.4.2 Inclinación de la imagen .....	20
4.4.3 Ángulo de la foto .....	20
4.5 Planificación y diseño de fotografías aéreas del dron .....	20
4.6 Selección de tiempo para fotografía aérea. ....	20
5 Ejemplo real .....	21
5.1 Resumen de la zona de análisis.....	21
5.2 Fuente de datos.....	21
5.2.1 Herramientas de análisis .....	21
5.2.2 Observación real sobre la zona.....	23
5.3 Procesamiento de datos de imagen. Dronemap2 para Arcgis.....	24
5.4 Segmentación de resolución múltiple y clasificación .....	29
5.4.1 Creación del proyecto.....	29
5.4.2 Efecto de visualización de la imagen .....	32
5.4.3 Segmentación de imágenes en multiresolución .....	33
5.4.4 Selección de muestra.....	34

5.4.5	<i>configuración del vecino más cercano</i>	39
5.4.6	Exportar datos	41
6	Conclusion y perspectiva	43
7	Referencias	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura: 1 NDVI vegetation index and street trees in Barcelona city .....	8
Figura: 2 Los parques en Barcelona .....	10
Figura: 3 Diagrama de paso .....	15
Figura: 4 Interfaz de software de estación de tierra .....	16
Figura: 5 Beside towards overlap calculation diagram.....	20
Figura: 6 Mapa de alcance de planificación .....	21
Figura: 7 Mapa de alcance de planificación .....	22
Figura: 8 Sistema de control de tierra.....	23
Figura: 9 Observación real .....	24
Figura: 10 Interfaz del software Drone2map .....	25
Figura: 11 Ortomosaico y el escaso modelo de superficie digital (DSM) correspondiente antes de la densificación .....	25
Figura: 12 Posiciones iniciales de imagen .....	26
Figura: 13 Imagen computarizada / GCP / Posiciones de puntos de empate manual.....	26
Figura: 14 Número de imágenes superpuestas calculadas para cada píxel del ortomosaico .....	27
Figura: 15 Parámetros internos de la cámara .....	27
Figura: 16 Partidos de Keypoint 2D.....	27
Figura: 17 Modelo digital del terreno .....	29
Figura: 18 Modelo de pendiente.....	30
Figura: 19 Orthomosaic .....	31
Figura: 20 Ventana de opciones de creación de proyecto .....	32
Figura: 21 Ondas combinadas de capas de imagen .....	32
Figura: 22 imagen mejorada de ondas DEM .....	33
Figura: 23 Configuración de parámetro dividido .....	33
Figura: 24 Resultado de segmentación .....	34
Figura: 25 Muestra actual .....	35
Figura: 26 Configuración del vecino más cercano.....	36
Figura: 27 Class Description .....	36
Figura: 28 Toolbars>Sample.....	36
Figura: 29 Seleccione el resultado de la muestra.....	37
Figura: 30 ventana de evaluación de la muestra .....	37
Figura: 31 Ventana de selección de características .....	38
Figura: 32 Información de selección de muestra .....	38
Figura: 33 resultados de selección de muestra.....	39
Figura: 34 proceso de clasificación .....	39
Figura: 35 resultados de clasificación .....	39
Figura: 36 la herramienta Manual Editing .....	40
Figura: 37 Edición de ejemplo.....	40
Figura: 38 Resultado de clasificación .....	40
Figura: 39 Exportar resultados de formato Shp .....	41
Figura: 40 Corona de árbol .....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla: 1 Especies de arbolado viario. 2013-2017 .....	10
Tabla: 2 Árboles principales en el Parc Turó .....	23
Tabla: 3 Parámetros para multiresolución .....	34
Tabla: 4 Resultados de la cantidad de árboles .....	41
Tabla: 5 Tasa de precisión .....	43

## AGRADECIMIENTOS

Primero quiero agradecer a los apoyos recibidos de mi familia, especialmente a mi esposa Maddie, sin ella, es posible no poder completar estos 3 años de estudio en España.

Quiero dar las gracias a mi tutor Josep Roca Cladera, cada vez que tengo una palabra española desconocida, me explica con una paciencia para que yo entienda, y me ayuda a completar el temario de este trabajo que estoy realmente interesado.

Durante este master, he conocido profesores como Carlos Marmolejo Duarte, Blanca Arellano Ramos, Rolando Biere Arenas, y muchos compañeros de clase como Paloma, Marcella, Sandy, Leslie, Camilo. Todos me han ofrecido ayuda para completar las tareas de la clase, y he terminado este año de estudio muy satisfecho.

Doy las gracias a los doctoras chinas Liya Yang, Ai Chen, Alan Garcia Haro y Francesc Valls que estudian la misma ciencia que yo, me han dado muchas opiniones y consejos sobre los estudios.

Por ultimo, quiero agradecer mi amigo ZhiHai Liu, que me han ayudado en todas las áreas.

Gracias por todo, estoy muy contento de haberos conocido y junto con vuestras simpatía y amabilidad, he disfrutado mucho sobre esta aventura en España.

## Antecedentes y justificación

Con el desarrollo de la economía de la sociedad, las personas están dando mucha importancia sobre la calidad de vida, y los espacios verdes urbanos que contiene la función de ecosistema y socioeconómica son unos índices para reflejar la calidad de la vida urbana.

Actualmente, podemos encontrar diferentes tipos de espacios verdes como parque, bosque, ríos, parque comunitario, etc. El "enverdecimiento urbano" se ha propuesto como un método para reducir la subida de temperatura debida del efecto invernadero que perjudica la salud humana. En cuando enverdecimiento tenemos que tener cuenta su clasificación y su distribución.

Para una distribución adecuada del entorno urbano, el ayuntamiento de Barcelona da mucha importancia a la organización de los espacios verdes.

Para una distribución adecuada del entorno urbano, el ayuntamiento de Barcelona da mucha importancia a la organización de los espacios verdes.

Principalmente en las carreteras se han hecho proyectos de organización general y continuo de los arboles, este proyecto principalmente implanta diferentes tipos de árbol y sigue agregando más especies para poder mejorar cada espacio de la ciudad. La gestión de árboles de carretera principalmente es garantizar la calidad de los árboles y promover la diversidad del organismo.

Se han plantado más de 150 especies de árboles en las calles de Barcelona. Además de mejorar las condiciones ambientales, cada uno de ellos tiene un color, hojas y aroma diferentes, y ayuda a optimizar el ambiente en la calle.

Para planificar los árboles en la calle de forma más razonable, Barcelona ha creado herramientas de búsqueda relevantes para este fin. El objetivo de la búsqueda es promover algunos parámetros morfológicos, culturales y estéticos para seleccionar el árbol más adecuado. Es una herramienta para espacios públicos y profesionales relacionados, y está promoviendo una mejor gestión de los árboles de Barcelona como conocimiento público. Este es un paso muy importante para organizar el entorno urbano, pero hasta hoy, la ciudad Barcelona solo dispone información sobre los arboles en las calles o carreteras, no dispone información sobre los que están en los parque. Como la Figura1, principalmente es porque hay demasiada tipología de los arboles que están en el parque, tambien por la abundancia, por paso de los años, los arboles crecen y crean grupos en diferentes alturas, esto aumenta la dificultad de concluir los números, por eso, para una investigación mas precisa se necesita fotografías de alta definición.

El uso de dron ya esta muy popularizado en la sociedad, utilizando su función de volar en baja velocidad y baja altura, tiene ventaja de tener alta seguridad, bajo coste, confiabilidad,etc. Podemos obtener imágenes en poco tiempo, eso no podemos ver en la plataforma de satélites de teledetección, por estas razones, el uso de dron es un soporte eficaz para complementar entre los satélites de teledetección y medición en fotografía tradicional, y ha sido aplicado en diferentes ambitos y áreas.

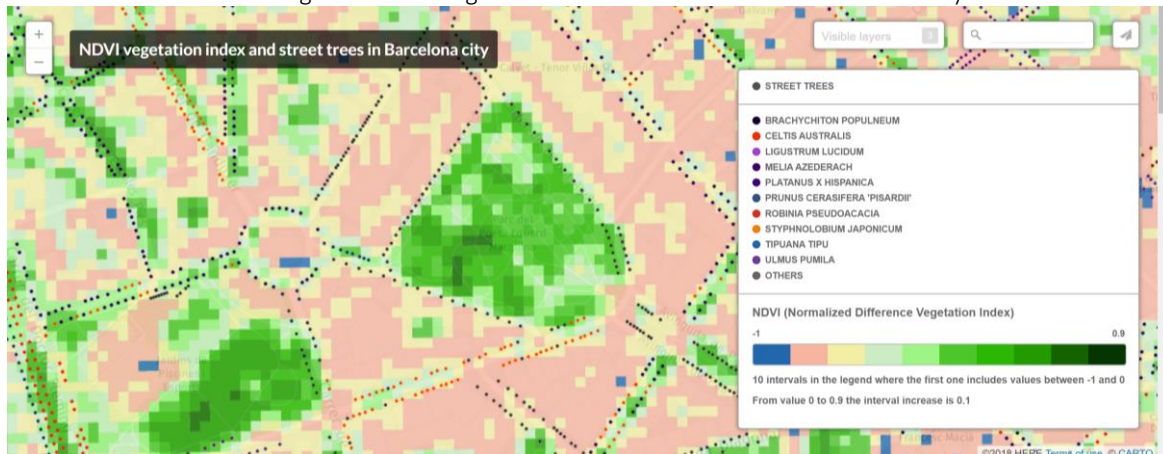
Este texto analiza la estructura del sistema de fotografía de dron convencionale en baja altura y no profesional, las características principales, destacando la ventaja de agilidad, movilidad, ciclos cortos comparando con tecnología de teledetección tradicional, es una forma eficiente de obtener fotografías en alta resolución en poco tiempo.

Al mismo tiempo, "*Deep learning*" se ha convertido en una herramienta de reconocimiento de objetos muy eficiente, se muestra la alta prestacion de clasificar las fotografías digitales. (Krizhevsky, A., Sutskever, I., &

Hinton, G. E., 2012). Uno de los puntos que debemos prestar la atención es que “Deep learning” no hace falta la extracción manual de características, las otras herramientas como la maquina de vectores (SVM) necesita que los investigadores introduzca datos o información de las ondas. Este proceso limita la cantidad de información que podemos extraer. Por eso “Deep learning” es una de las mejores opciones.

Como hemos dicho, aun que usamos la cámara digital, con combinación de dron y “Deep learning” podemos considerar que tiene mucha potencia en clasificación de tipología de arboles. Además, este sistema de reconocimiento es una herramienta económica, rápida y eficaz para medir los espacios verdes.

Figura: 1 NDVI vegetation index and street trees in Barcelona city



Fuente: OpenDataBCN

[https://jividalmac.carto.com/viz/e9fbae6b-87ab-46cc-a720-4f9acb3f921e/public\\_map](https://jividalmac.carto.com/viz/e9fbae6b-87ab-46cc-a720-4f9acb3f921e/public_map)

## Objetivo

Mediante del dron sin medicion para detectar la tipología y número de arboles en la zona verde urbana.

Objetivo específico:

Analizar las sistemas principals y características de fotografiar con los drones en baja altura.

Utilizar las fotografiar obtenidas del dron sin medicion para construir modelos digitales de elevación, modelo de pendiente y orthomosaic.

Observar y clasificar la tipología principal y número de los arboles en la zona verde urbana.

Verificar el porcentaje correcto del número de los arboles.a

## Metodología

Investigación al campo:

Fotografiar en la zona Parc Turó, con una altura de 60 metros y obtenemos imágenes. Usamos Drone2map para para montar la imagen completa y asignamos la posición geográfica. Tambien recolectamos en la zona los ejemplos de los arboles para saber la tipologías que hay en la zona y el número.

Utilizando la función “Segmentación multiresolución” de la programa Ecognition con otros datos, analizamos con detalle a la situación real para obtener la muestra principal, según los arboles de la zona, mediante de la tipología configuración del vecino más cercanonearest (*neighbour configuration*) junto con las muestras observadas en la zona, distinguimos y clasificamos los tipos principales y números concretos de los arboles en la zona.



## Hipótesis

¿Los datos obtenidos del dron como las fotografías pueden ser un mejor recurso para identificar y analizar los espacios verdes densos?

## Marco teórico

1. Introducción del espacio verde y características del Parc-Turó Barcelona
2. Resumen del proyecto, analizar la situación actual del dron y como utilizar las imágenes de remote para analizar los espacios verdes
3. Presentación de la estructura de los contenidos del proyecto
4. Presentación con detalle a Sistema fotográfica de los drones en baja altura y sus tecnologías principales, incluyendo la construcción, las características, factores que pueden incluir la calidad de las imágenes, y destacar las ventajas.
5. Con la hipótesis y recargas en el Parc Turó de Barcelona obtenemos los resultados de la tipología y número de los árboles, dentro de ello utilizamos Dron2map para construir la imagen completa en alta resolución, generamos imagen digital de elevación y ángulo con ArcGIS Pro y cortes de multi resolución y clasificación de la zona verde de la programa Ecognition.
6. Conclusión y posibilidad

## 1. Concepto del espacio verde. Características del Parc Turó de Barcelona, superficie de la zona verde

### 1.1 Concepto del espacio verde.

El color verde es un color muy visto, representa la naturaleza, es un parámetro muy importante para definir una ciudad saludable. El color verde se relaciona mucho con nuestra vida, puede influir nuestra salud, mejorar nuestro entorno. Entrar en verde, abrazar la selva, construir una ciudad civilizada y ecología que relaciona las personas y la naturaleza es una nueva tendencia de desarrollar una ciudad globalizada.

Las ciudades urbanas presentan problemas con alta ocupación y contaminación. Los espacios verdes ofrecen servicios de ecosistema que ayuda filtrar el aire, eliminar contaminación, reducir ruidos, regular la temperatura, aprovechar las lluvias y suplementar el agua subterránea. Aparte de esos, también ayuda a combatir contra muchas enfermedades urbanas, mejorar la condición de vida de los ciudadanos, especialmente la salud. Los espacios verdes tienen mucha diversidad, depende de la porcentaje de cobertura de los verdes, la diversidad de los especies, calidad de entorno, disponibilidad de transporte público, infraestructuras y servicios. (Dahmann, N et al., 2010)

Algunos estudios utilizan la tecnología de teledetección para estimar la temperatura de superficie y condiciones de cobertura de vegetación de diferentes zonas de la ciudad. Utilizando este método, muchos estudios descubren que existe correlaciones negativas entre índice de vegetación como NDVI y temperaturas. (Hung et al., 2008)

Esto es consistente con la hipótesis que la cobertura de los verdes pueden ser efectiva para reducir la temperatura. Los modelos matemáticos y simulaciones de computadoras también pueden ser servidas para investigar y hacer predicciones en efectos potenciales de cobertura de verdes en climas urbanos (Taha et al., 1988; Avissar, 1996) .

## 1.2 Los parques de Barcelona: Descripción general y superficie de los espacios verdes.

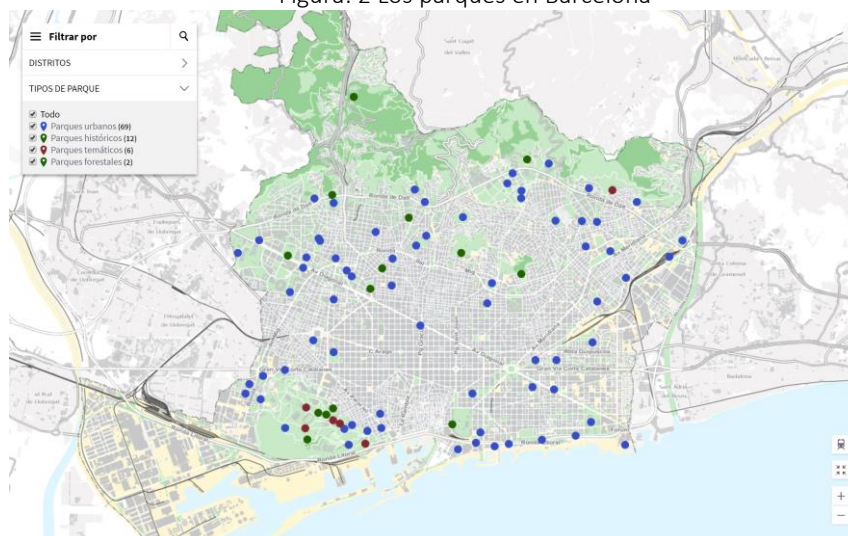
Según la página web oficial de gobierno de España, Barcelona tiene en total 89 parques, dentro de ello hay 69 son parques urbanos, 12 parques históricos, 6 parques temáticos y 2 parques nacionales. Según la estadística del año 2017, la superficie total de los parques son 583.6ha, el Turó Parc tiene una superficie de 2.9ha. Los espacios verdes urbanos tiene 11.356.472 metros cuadrados, unos 7.1 m<sup>2</sup> de espacios verdes urbanos por cada habitante. En total hay 240258 árboles, en la calle y carreteras hay 157098 y el resto se sitúan en los parques. Los tipos de árboles principales están en la siguiente tabla 1.

Tabla: 1 Especies de arbolado viario. 2013-2017

Nombre	Nombre botánico	Unidades
2013		161.423
2014		159.178
2015		158.616
2016		157.671
2017		157.098
Plátano de sombra	Platanus hispànica (Platanus hibridae)	44.167
Almez	Celtis australis	19.530
Acacia del Japón	Styphnolobium japonicum	8.860
Tipuana	Tipuana tipu	6.624
Braquiquito	Brachychiton populneum	5.656
Cinamomo	Melia azedarach	5.598
Acacia	Robínia pseudoacacia	3.573
Olmo	Ulmus pumila	3.482
Aligustre	Ligustrum lucidum	3.761
Árbol del amor	Cercis siliquastrum	2.920
Acacia de tres espinas	Jacaranda mimosifolia	2.714
Otras especies		50.213

Fuente: Ajuntament de Barcelona. Ecologia Urbana. Direcció de Serveis d'Espais Verds i Biodiversitat.

Figura: 2 Los parques en Barcelona



Fuente: Ajuntament de Barcelona. Ecologia Urbana. Direcció de Serveis d'Espais Verds i Biodiversitat.

## 2 Revisión de literatura

### 2.1 Clasificación de la vegetación y generalización imagen.

Una de las misiones mas importantes en organización de recursos naturales es clasificación de vegetación y generar imagen. La vegetación aporta recursos a todos los seres vivos y tiene un gran papel en el cambio climático global, como CO<sub>2</sub> (Xiao et al., 2004) . Dado un momento determinado o un tiempo continuo para cuantificar la superficie de la cobertura de vegetación desde una escala local a global, la mapa de vegetación proporciona informaciones con mucho valor para entender la naturaleza y entorno humano. Saber la situación actual de la cobertura de la vegetación es muy importante, por esta razón se inicia el proyecto de protección y restauración de vegetación (Egbert et al., 2002; He et al., 2005) . Se centra en obtención de información mas nueva sobre los cambios de la vegetación de cada año o cada periodo, para una mejor valoración de entorno y ecosistema (Knight et al. 2006). Pero, estos métodos tradicionales (incluyendo la recerca al campo, informaciones en los textos, definiciones en las mapas, datos de soporte y análisis de otros datos) se considera invalido, porque requieren mucho tiempo, además con costes muy altos, por eso la tecnología de teledetección es un método económico y aplicable en estudios de cambio de cobertura de vegetación, especialmente en zonas de grande superficie (Langley et al., 2001; Nordberg, M. L., & Evertson, J., 2005) .

La maquina de sensor de teledetección es un dispositivo clave, puede capturar datos sobre objetos o entornos en larga distancia. Los objetos (incluso los vegetales) tienen característica única de luz (reflejos o zonas de proyección), por eso pueden reconocerlos en Las imágenes de satélite. Un buen ejemplo del uso de técnicas de teledetección para el crear la mapa de vegetación es la radiación espectral en las regiones roja e infrarroja cercana, así como en otras regiones. La radiación de estas regiones se puede incorporar al índice de vegetación espectral (VI), que está directamente relacionado con la fracción de radiación fotosintéticamente activa interceptada (Asrar et al., 1984; Galio et al., 1985).

Las imágenes de teledetección varían de visible a microondas, resolución espacial desde el Submetros a kilómetros, y frecuencias de tiempo en tiempo que van desde 30 minutos hasta semanas o meses.

En el proceso de crear una imagen de satélite, se tiene que tener cuenta el contenido interesado y precisión. En general, las imágenes con baja resolución pueden ser adoptadas solo en el nivel alto de clases de vegetación que pueden ser identificadas y las imágenes con una resolución relativamente alta se usan para la clasificación detallada de la vegetación.

En segundo lugar, las imágenes de detección remota pueden ser muy costosas, y el costo de la imagen es definitivamente un factor que se tiene que considerar. Desde la perspectiva de la escala del mapa, el mapeo de vegetación a pequeña escala generalmente requiere imágenes de alta resolución, mientras que las imágenes de baja resolución se utilizan para crear mapas a gran escala.

Diferentes sensores tienen diferentes propiedades de espacio, tiempo, espectral y radiación, es importante escoger un sensor adecuado para crear la mapa de la cobertura de la vegetación.

Los sensores mas utilizados son Landsat (principalmente TM y ETM +), SPOT, MODIS, NOAA-AVHRR, IKONOS y QuickBird.

### 2.2 Situación actual de los sistemas de fotografía con drone

La primera aparición de drones fue en el campo militar. En años 20 y 30, los vehículos aéreos no

tripulados se usaban en campos militares de la investigación y el combate. El desarrollo de aplicaciones de UAV para civiles fue lento, hasta que apareció la tecnología informática que llevó todo la industria UAV de detección y área de teledetección, y desde entonces la tecnología UAV ganó la atención de varios países, y las áreas de aplicación y rango va aumentando poco a poco (Liucheng Yi., 2013). Holanda fue el primero que lanzó el concepto de la plataforma de microaviones y comenzó a aplicarlo a la exploración de áreas no tripuladas. Desde entonces, la comunidad científica ha comenzado a aplicar investigaciones sobre vehículos aéreos no tripulados. En 1979, Przybilla y Wester-Ebbinghaus usaron por primera vez el sistema de vehículo aéreo no tripulado para hacer fotografías de medición. Debido a la abundancia de tecnología extranjera y al rápido desarrollo, las aeronaves no tripuladas ligeras han comenzado a utilizarse más en imagen de satélite a baja altitud. (Liyang., 2013) En los países como Estados Unidos, Israel, la UE, los equipos y software de UAV ya eran capaces de aplicar con para fines civiles, su uso se ha vuelto cada vez más más extenso. Los sensores de los drones normalmente son cámaras digitales aunque es capaz de satisfacer las necesidades generales, pero su precisión no puede cumplir algunos de los requisitos de la ingeniería de precisión, y por lo tanto el desarrollo de una nueva generación de cámara aérea más pequeña, más ligera en el sistema aéreo UAV tiene un papel fundamental para tener un mejor desarrollo y promoción (Luo Jun Jun., 2014). Desde el campo de la industria, con la demanda de investigación en áreas tales como desastres naturales de emergencia y agricultura de precisión, estudios del medioambiente marino, el desarrollo de sistemas de drones se ha desarrollado rápidamente y se le ha prestado suficiente atención (Xiechuanmao., 2013). También se ha experimentado muchas pruebas de dron en baja altura y ha logrado importantes sucesos, y se ha desarrollado diversos dispositivos de fotografía de medición aéreo.

Desde la perspectiva del sensor, los avances del sensor aporta grandes pasos a la tecnología remota (Linbin., 2012). Los sensores se incluye principalmente una cámara de gran angulo con alta precisión, equipos compactos y un alto de amplio espectro y dispositivo Li DAR compacto. (Yanming & Liyanyan., 2013) Entre ellos cámaras digitales y pequeño Li DAR son dominios en el ámbito comercial. El principal impulsor de esta tendencia es la aceleración de la información urbana de los diferentes sectores de la industria que requieren la característica de alta precisión, la demanda de crear mapas de gran escala se aumenta diariamente. Los equipos más destacados son: radar de microonda de teledetección que logró detectar los cambios climáticos del día (SAR) (Linhui., 2007); radar compacto que logro detectar las pequeños cambios de elevación de los terrenos y medición automatico del terreno en tridimensional (In SAR); SAR que puede detectar remoticamente a las estructuras detalladamente a los objetos; proyector de imagen con espectro alto que detecta ondas de nivel 10nm (Guanghong LIU., 2011). Se destaca mucho la aparición de la cámara digital óptica, la gran resolución y definición se supera a todos los dispositivos anteriores. En los últimos años, el desarrollo de nuevas tecnologías en las cámaras digitales de la aviación se centra principalmente en dos aspectos, uno es combinar varios

cámaras digitales para conseguir un ángulo de visión amplio para mejorar la precisión y la eficiencia de fotografía de medición aérea, dispositivos como la UCD, DMC, y el segundo es el minimizar el peso y tamaño de la cámara para que su carga sea menor para los drones.

### **2.3 Estado de la investigación del sistema de procesamiento de imágenes de teledetección**

Con el desarrollo continuo de sistemas UAV de los últimos años, los sistemas de fotografía aérea de los drones se han convertido en un poderoso complemento en los métodos tradicionales de teledetección, pero el software de procesamiento de imágenes desarrollado junto con los métodos tradicionales de teledetección no puede resolver los problemas como demasiado número de imágenes y el tamaño pequeño de fotografía. Por lo tanto, se necesita nuevos software que suporten a la plataforma de fotografía de dron. Recientemente, se han aparecido programas como "Virtuo Zo NT", "Agisoft PhotoScan" y "Drone2Map for ArcGIS" y otro potente software de procesamiento de datos, de modo que todas las imágenes tomadas en diferentes modos pueden combinar y crear una imagen completa.

#### **Virtuo Zo NT**

El sistema Virtuo Zo NT es un sistema de fotogrametría totalmente digital desarrollado por Supresoft Inc. y es ampliamente utilizado(Zhang Wenbo.,2013). Desde la cámara aérea hasta la salida del imagen en resultados final, resuelve el problema de que el software de fotogrametría anterior solo puede generar un único resultado. Con Virtuo Zo NT, se pueden generar todos los mapas en resultados requeridos, incluido el gráfico de línea digital DLG y el modelo de elevación digital. DEM, mapa de ortofoto digital DOM, etc. El sistema Virtuo Zo se ha utilizado ampliamente debido de su diseño completo de software, alto grado de automatización, alta eficiencia y alta flexibilidad.

#### **Agisoft PhotoScan**

Agisoft PhotoScan es un tipo de software autónomo que realiza el procesamiento fotogramétrico de imágenes digitales y genera datos espaciales 3D.Usado en aplicaciones SIG, documentación de patrimonio cultural y producción de efectos visuales, así como para mediciones indirectas de objetos de diversas escalas.Agisoft de PhotoScan demuestra producir resultados de calidad y precisos.Las principales funciones son , Triangulación fotogramétrica , Nube de puntos densos , Modelo de elevación digital: exportación de DSM / DTM y Procesamiento de imágenes multiespectrales.

#### **Inpho**

Inpho Photogrammetry es uno de los software de procesamiento de imágenes fotogramétricas aéreas más famoso de Europa y es el producto principal de la compañía Inpho(Zhu Aiyuan.,2012). El sistema Inpho se puede utilizar para procesar una variedad de datos tales como imágenes de reconocimiento aéreo, radar láser y detección remota por satélite. Inpho Photogrammetry Systems ha desarrollado un conjunto integral de software para el procesamiento de imágenes en general de fotogrametría, incluyendo el cifrado nulo y la producción final de gráficos de líneas digitales, modelos digitales de elevación, modelos digitales para garantizar la precisión de los resultados y la altura del software. Y usa el automatismo del producto para garantizar un procesamiento de imágenes eficiente y rápido.

#### **Drone2Map for ArcGIS**

Drone2Map para ArcGIS es un software lanzado por Esri, revolucionado de la plataforma ArcGIS mediante con la ingracion del algoritmo profesional Pix4D, el sistema puede completar rápidamente una gran cantidad de

imágenes usando datos de POS y extraer puntos de orientación automáticamente mediante el uso de resultados de preprocesamiento de imágenes. Crear una red Net, luego, de acuerdo con el resultado coincidente, se elimina automáticamente los puntos con errores relativamente grandes y mejora la precisión de coincidencia. Se genera desde datos originales del dron a tener un producto de alta calidad, y proporciona productos DSM y productos de textura de malla 3D. Tiene un simple interfaz de usuario, flujo de trabajo automatizado e integración perfecta con ArcGis o ArcGIs Online son las razones por las que este artículo eligió manejar imágenes de drones.

### **3 Contenido de análisis principal y Pasos de investigación**

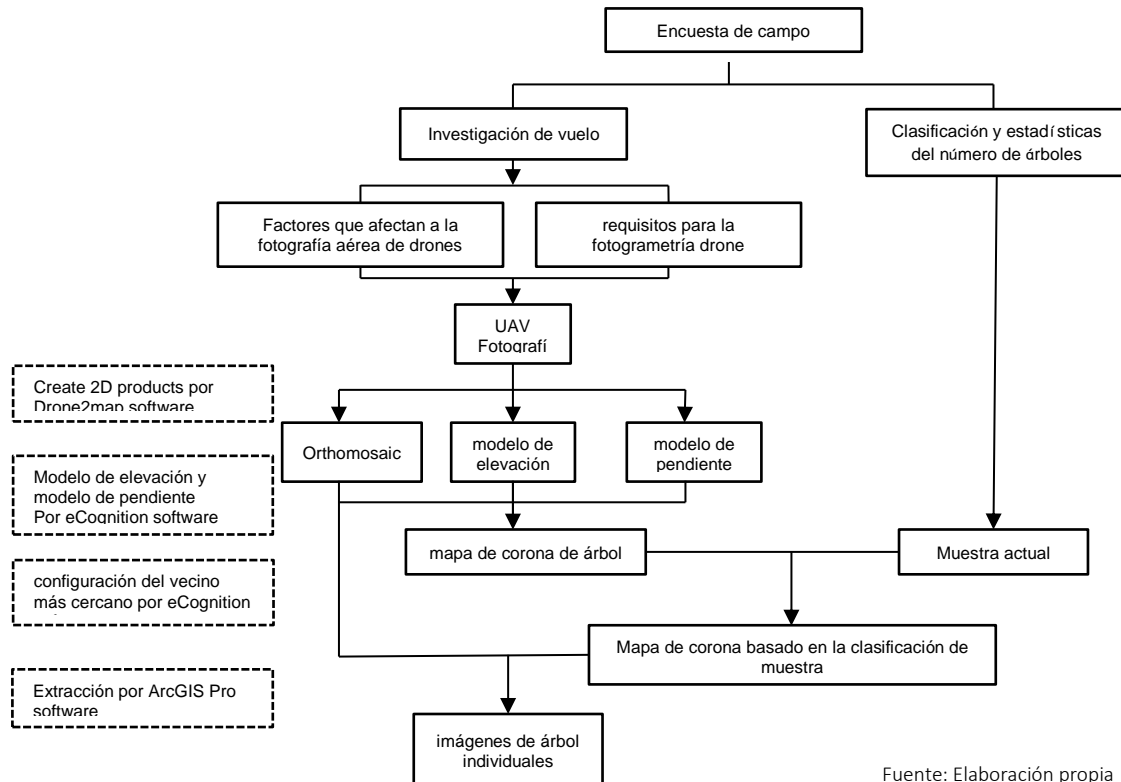
#### **3.1 Contenidos de analisis**

Utilizamos el dron no profesionales para fotografiar en baja altura, la diferencia principal con los otros métodos es que tiene la mayor resolución, mas rápido en generar imagen.etc. Es un método eficiente para tener mapas en gran proporción pero en tamaño pequeño, y ya aplicado en diferentes áreas. Este proyecto se basa fotografiar en Parc Turó de Barcelona, analizar las imágenes obtenidas con la fotografía del dron, los procedimientos para distinguir y clasificar la tipología de los arboles y números, analizar las tecnologías principales para detección, clasificación, diseño de los vuelos, etc junto con las aplicaciones de los drones convencionales. Los contenidos principales se basa en los siguientes aspectos:

- (1) Analizar la estructura del sistema de medición de los drones y sus características, analizar los factores que influye la fotografía del dron, destacar las ventajas de obtención de los imágenes con el dron
- (2) Analizar las tecnologías principales para obtener las imágenes con el dron y métodos para contruir las mapas
- (3) Utilizar los diferentes modelos ( *Orthomosaic* 、 *DEM* 、 *Slope model* ) obtenidos con las fotografías del dron para diferenciar de los arboles y con la recerca a la zona, para distinguir y clasificar los tipos principales de los arboles en la zona y según de los tamaños, concluir los números concretos de cada tipo de árbol.

### 3.2 Pasos de investigación

Figura: 3 Diagrama de paso



Fuente: Elaboración propia

## 4 Sistema de fotografía aérea de dron en baja altitud

### 4.1 Sistema de fotografía aérea de baja altitud UAV

El sistema de medición de dron se basa en la plataforma de vuelo de dron, con la ayuda de sensor de fotografía como dispositivo para obtener imágenes del terreno. Integra tecnologías de alta gama como vuelos automatizados, ciencia de detección remota y navegación GPS. Tiene las ventajas de alta movilidad, bajo coste, fácil de llevar y en tiempo real, y puede obtener la resolución alta comparando con otros dispositivos. Es una parte imprescindible en desarrollo tecnológico aéreo(Wang Conghua., 2006). El sistema de fotografía aérea de drones está compuesto principalmente por plataforma de vuelo, sistema de control de vuelo, sistema de monitoreo de tierra, equipo de misión (sensor), sistema de transmisión de datos, sistema de transmisión y recuperación. Con el desarrollo de la tecnología, los drones profesionales pueden reemplazar sensores de imágenes en cualquier momento, como cámaras infrarrojas, cámaras láser láser, etc., en combinación con diferentes necesidades.

#### 4.1.1 Plataforma de vuelo

La plataforma de vuelo es una parte importante de la fotografía aérea del dron, y es el equipo principal en el sistema UAV. Principalmente se carga la parte aérea del sistema de fotografía aérea UAV y es responsable de llevar equipos de propulsión, incluidos equipos de control teledetección, como sistemas de alimentación y cámaras digitales, equipos de navegación, trenes de aterrizaje y otros equipos para garantizar el vuelo seguro de la plataforma de vuelo(Fu Cong qiao.,2008). La tarea principal de la plataforma de vuelo es llevar la camara digital a la área de investigación y completar la misión de fotografía aérea , pero debido al desarrollo de cámaras digitales, la mayoría de los drones llevan cámaras de alta resolución.

#### 4.1.2 Sistema de control de vuelo

El sistema de control de vuelo del dron se compone principalmente de control de vuelo aéreo, estación terrestre y equipo de comunicación. El sistema de control de vuelo aéreo es un componente que asegura el correcto vuelo del dron, esta compuesto por receptor GPS, un sistema de navegación inercio, tablero de control de vuelo, sensores de velocidad, sensores de presión, etc (LiLei., 2011). El sistema de control de vuelo se utiliza principalmente para la navegación UAV, el posicionamiento, tomar la fotografía aérea con un sistema de control predeterminado para guiar el UAV acuerdo con una ruta predeterminada, control automático de vuelo como la posición de vuelo y trayectoria del dron, hacer aterrizaje automático y seguro de la aeronave en situaciones peligrosas. Podemos decir que el sistema de control de vuelo es responsable de indicadores importantes de calidad, como la seguridad durante el vuelo del dron y la precisión de la transmisión de datos. La información de navegación GPS sistema de control de vuelo utiliza informaciones de los giroscopios, acelerómetros y demás aparatos de la información de movimiento del dron, para saber situaciones del dron como actitud, altura, y otros parámetro de información durante su vuelo, mientras que el sistema de control de vuelo recibe información del tabla de control, para controlar automáticamente al dron, asegurando así que realiza tareas predeterminadas en la vía aérea y la postura estable; por otra parte puede ser recibido informaciones de la tierra en tiempo real durante el vuelo de información de vuelo de aeronaves transmitida, La condición de vuelo se controla y el operador puede controlar el vuelo de la aeronave a través del sistema de tierra en caso de una desviación de desbordamiento.

#### 4.1.3 Sistema de vigilancia terrestre

El sistema de vigilancia terrestre esta compuesto de un sistema de computadora, un software de vigilancia terrestre, cable de comunicación, un sistema de suministro de energía a tierra, etc (Dong Huanhuan., (2013). La tarea principal es completar el diseño de la ruta aérea y transmitir el archivo de información de ruta diseñado al sistema de control de vuelo a través del sistema de transmisión de datos, y recibir y mostrar la altura del vuelo y la velocidad de vuelo del dron en tiempo real durante el vuelo del dron. Incluyendo información de posición, rumbo, actitud de vuelo y otros datos que muestran el estado de funcionamiento del equipo del dron y el equipo de transporte, contiene otros datos como la velocidad de vuelo del dron, la potencia del motor, la intensidad de la señal recibida y la resistencia del viento recibida. A través de la información recibida del dispositivo, la posición y postura del dron, el personal de vigilancia terrestre puede controlar el estado del vuelo del dron con uso del software para ajustar la trayectoria de vuelo en cualquier momento según la información mostrada. El sistema de la estación terrestre en este documento usa el sistema Pix4Dcapture, como se muestra en la Figura 2-3.

Figura: 4 Interfaz de software de estación de tierra



Fuente:Elaboración propia con pix4Dcapture e información de mediciones de 30 de Julio 2018



#### **4.1.4 Sistema fotografica**

El sistema fotográfica se refiere a la colección de equipos de imagen terrestre de teledetección. Diferentes campos profesionales tendrán diferentes equipos. Generalmente se usa en campos profesionales como cámaras infrarrojas para la agricultura. Su precio es muy caro. Los drones no profesionales utilizados en este documento se usa una cámara digital ordinaria, que se coloca en la cabina del dron. En la actualidad, los drones están limitados por el peso de la carga, su propio volumen, etc. Se usa cámara digital ordinaria del tamaño pequeño y peso ligero como sensor de imágenes para la adquisición de imágenes terrestres. Todas las cámaras digitales utilizadas no son de medición. Por lo tanto, antes de realizar una fotografía aérea, es necesario saber si la cámara digital utilizada es una cámara gran angular o similar, ajustando así sus parámetros.

#### **4.2 Características del sistema de fotografía aérea con drones**

El uso de dron es una plataforma de vuelo segura que puede usarse en áreas densamente pobladas, el UAV combina sensores avanzados de adquisición de datos geográficos y métodos de procesamiento de datos, lo que lo convierte en una herramienta tecnológica importante para muchos proyectos de fotografía aérea. Los drones tienen ventajas incomparables con otros métodos y pueden compensar eficazmente la falta de rendimiento de la teleobservación satelital y la fotogrametría aérea de aeronaves tripuladas. En comparación con los satélites y la fotografía aérea de grandes aeronaves, los pequeños drones pueden adquirir rápidamente mapas a gran escala del área de la prospección.

##### **4.2.1 Movilidad, flexibilidad y seguridad**

Por tener tamaño pequeño y el bajo peso convierte hace que el dron sea altamente maniobrable y flexible, no es necesario tener zonas específicas de despliegue y aterrizaje, le hace acortar el tiempo de preparación, siempre que la zona sea más abierto. Ahorra tiempo al volar en ciudades grandes con edificios densamente altos y terrenos complejos. También reduce peligro de causar accidentes a las personas.

##### **4.2.2 Bajo coste y mantenimiento fácil**

El material corporal del dron se compone principalmente de materiales compuestos, en comparación con los aviones de gran escala y otros sistemas de teledetección, el coste de producción se reduce considerablemente y existe una gran diferencia de precios, hace que la mayoría de personas y compañías pueden optar uno. Además, muchas compañías de aviones no tripulados han introducido servicios de seguros correspondientes. Si el avión no tripulado se daña durante el vuelo, las piezas de repuesto pueden reparar de forma gratuita en cualquier momento. En términos de procesamiento de imágenes, una computadora normal ya puede completar la operación de procesamiento, que no requiere el equipo de procesamiento de alta precisión requerido para la fotogrametría convencional, y hace que es otro ahorro en gran medida el coste.

##### **4.2.3 Cámara digital**

En el mercado actualidad, el precio de las cámaras de medición mas común se inicia desde decenas de miles a millones de dólares. Por ejemplo, el modelo ZENMUSE XT2 producido en Dajiang de China, y el ADS40 producido por el German Aerospace Center y LH Company de Estados Unidos son bastante caros y demasiados pesados para entrar a los requisitos de carga máxima de los drones pequeños, por eso, las cámaras llevadas por los drones son generalmente cámaras digitales ordinarias, es decir, cámaras que no son de medición. Gracias al desarrollo tecnológico actual, las cámaras digitales ordinarias no solo tienen un volumen y peso pequeños, sino que también tienen una resolución muy alta, que puede lograr muy buenos resultados dentro

de una cierta distancia.

#### **4.3 Factores que afectan a la fotografía aérea de drones**

Aunque la tecnología de fotografía de baja altitud UAV tiene ventajas como agilidad y costes bajos, y es ampliamente utilizada en crear mapa a gran escala, encuesta de propiedad, consolidación de tierras, planificación de desarrollo urbano y rural, etc. Pero debido del material estructural y sensores utilizadas en la plataforma de vuelo, y nivel técnico de software de procesamiento de imágenes, etc., En el mapeo a gran escala, es difícil cumplir con los requisitos de precisión del proyecto (ZhaoXiang., 2015). Según el proceso de aplicación real del UAV, los principales factores que afectan la precisión de la fotogrametría del dron se introducen a partir de la estructura del UAV, el proceso de fotografía aérea de vuelo, los factores naturales y el software de procesamiento de imágenes.

##### **4.3.1 Error producido por la cámara digital**

Debido durante la fotografía de baja altitud de los drones se llevan sensores de teledetección que son cámaras digitales ordinarias, comparando con las cámaras digitales de profesional de medición, hay mucha diferencia en la estructura y la prestación. Lo más importante es que la lente de la cámara digital se distorsionará y la cámara necesita ser calibrada. El error causado por la cámara digital es causado principalmente por el rendimiento y los parámetros de la cámara digital en sí misma. La distorsión principal de la lente del objetivo de la cámara digital y el error mecánico es causado por el rendimiento y fallos durante su fabricación. (ZhaoXiang., 2015)

##### **4.3.2 Efectos de la elevación del terreno**

Durante la elaboración de este trabajo se hace fotografía aérea en un parquet urbano abundante de árboles, debido a la irregularidad de la altura los árboles, las ondulaciones altas y bajas de la zona seleccionada, cuando se utiliza el dron para fotografías aéreas en áreas con más ondulaciones, independientemente de si la foto ha sido tomada horizontalmente o la imagen ha sido inclinada por flujo de aire, podemos ver el desplazamiento del punto de imagen de la imagen capturada.

##### **4.3.3 Influencia de las condiciones atmosféricas en la calidad de la imagen**

Durante el proceso de fotografía aérea del dron, desde el dispositivo sensor teledetección hasta la superficie de la tierra, cuando la luz reflejada se propaga entre las capas, el índice de refracción cambia con la altura de la capa, por esta razón, la trayectoria de la luz reflejada se transmite desde el aire hasta la lente de la cámara en realidad es una curva y no es una línea recta

Al mismo tiempo, también existe una diferencia en la densidad del color entre las imágenes fotográficas. Las imágenes con diferencia de densidad son más fáciles de reconocer por la cámara que las imágenes sin diferencia de densidad. Aparte de la diferencia de color de la imagen, el principal factor de influencia es el reconocimiento de la diferencia de la luminosidad (ZhaoXiang., 2015) combinando los 2 factores, en un clima no bueno, brumoso y nublado, y bajo condiciones de poca luz solar afectará la calidad de la fotografía aérea UAV. Por lo tanto, intenta seleccionar el clima soleado, el mediodía es un tiempo ideal, y minimizar el error de imagen causado por la refracción atmosférica.

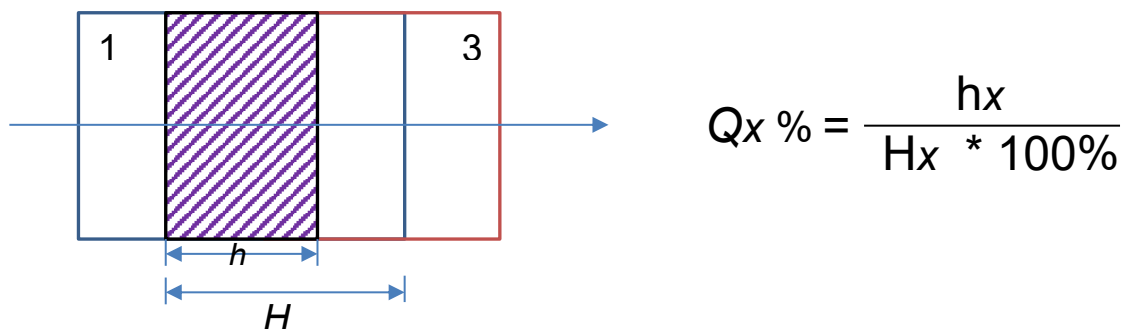
#### **4.4 Principales indicadores de calidad y requisitos para la fotogrametría aérea de medición**

##### **4.4.1 Superposición de imágenes**

La superposición de las imágenes es el porcentaje de las partes superpuestas de las dos imágenes adyacentes

que ocupan toda la fotografía. Las partes superpuestas de dos fotos adyacentes en la misma ruta en el encabezado se denominan superposición de encabezado, y las partes superpuestas de imágenes adyacentes de dos rutas en el encabezado adyacente se denominan superposición lateral (Zeng Yanwei et al., 2011). En teoría, el tamaño de superposición del encabezado debe ser superior al 60% y inferior al 80%, y el mínimo no debe ser inferior al 53%. Para superposiciones laterales, generalmente son más del 15% y inferior al 60% y el mínimo no debe ser inferior al 8%. Cuando utilizamos dron para completar tareas de medición aéreas, la superposición del rumbo diseñado generalmente es superior al 65%, y la superposición lateral generalmente no es inferior al 45%. De esta forma, por un lado, evita la ocurrencia de fugas de fotografías aéreas debido a la influencia del entorno externo; por otro lado, es bueno para la orientación relativa de las imágenes posteriores y mejora el grado de automatización y la precisión del cifrado nulo. Para diferentes necesidades del proyecto, la superposición del encabezado y la superposición lateral se pueden establecer de acuerdo con las condiciones de prueba correspondientes.

Figura 4: Heading overlap calculation diagram



fórmula de cálculo de superposición 4

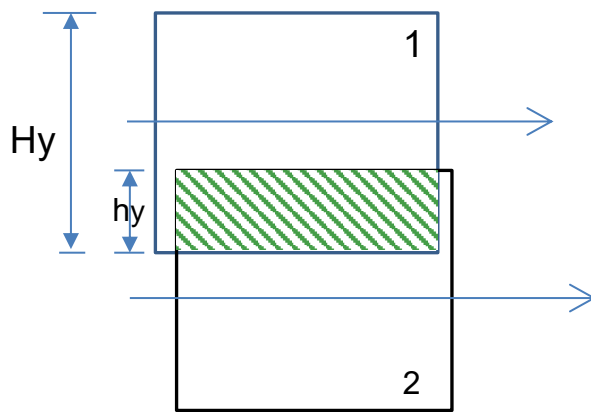
Fórmula de cálculo de superposición de encabezado 4:

Fuente: ZhaoXiang., 2015

El cálculo de la superposición del encabezado se muestra en la Figura 4 y la formula 4. Cuanto mayor sea la superposición del título, la precisión de orientación relative es mayor, pero si la superposición del encabezado es grande, significa que la línea de base fotografica es corta, reduce la relación base-altura y afecta la precision . El cálculo de la superposición lateral se muestra en la Figura 5 y la formula 5: Fórmula para el cálculo de la superposición lateral

En las formulas 4 y 5,  $H_x$  y  $H_y$  indican la longitud lateral de la imagen;  $h_x$ ,  $h_y$ , indican la longitud de la superposición del encabezado y la superposición lateral. En la operación de vuelo real, podemos utilizar la tecnología de control de exposición isométrica, verificar cuidadosamente el velocímetro del dron antes del despegue para garantizar el cálculo correcto de la distancia de vuelo y usar el sistema GPS para controlar los datos de desviación del dron en cualquier momento para garantizar que el curso del vuelo y el grado superposición lateral satisfacen las necesidades del diseño del proyecto.

Figura: 5 Beside towards overlap calculation diagram



$$Q_y \% = \frac{hy}{Hy} * 100\%$$

Fórmula de cálculo 5

Fuente: ZhaoXiang., 2015

#### 4.4.2 Inclínación de la imagen

En el momento de la fotografía aérea, cuando el eje de la cámara digital se inclina, y el ángulo entre el eje y el plano vertical vertical se denomina ángulo de inclinación de la imagen. El ángulo de la inclinación no debe ser mayor que 5. El máximo no puede exceder 12. Y si es más de 8, la cantidad de fotos no puede exceder el 10% del total. (ZhaoXiang., 2015)

#### 4.4.3 Ángulo de la foto

El ángulo entre la línea que conecta el punto principal de la imagen adyacente y las dos líneas de conexión del cuadro a lo largo de la dirección de vuelo se denomina ángulo de rotación de la fotografía(Weizi Yan.,2013). Debido a que el dron se fotografía en aire, el dron estará en un estado de vuelo inestable debido por el flujo de aire, lo que resulta salir una imagen inexacta como resultado la rotación de la foto. Con el fin de controlar la calidad de la fotografía aérea y cumplir con la precisión de los resultados de ingeniería, el ángulo de rotación de la fotografía en la fotogrametría aérea general no puede ser más de 15. Si la superposición de la foto y la superposición lateral de la imagen cumplen los requisitos de diseño, el ángulo máximo de rotación de la imagen no debe exceder de 30. , el numero de fotografía de puede salir mas de 3 si el angulo de rotación de la imagen es mas de 20, y si exceder 15, el numero foto no debe exceder el 10% del número de fotografías total de este tipo, la inclinación de la imagen y la angulo de rotación de la fotografía aérea pueden no alcanzar sus valores máximos al mismo tiempo (Cheng Yahui.,2012).

#### 4.5 Planificación y diseño de fotografías aéreas del dron

Para adquirir imágenes rápidamente usando el dron, es importante la planificación y el diseño de la ruta de fotografía aérea del dron. Debido a las características de su vuelo automático, el diseño de la ruta y planificación está estrechamente relacionado con la calidad de la imagen y la precisión de los resultados. El diseño de fotografía aérea incluye principalmente el diseño de la altitud, el espacio de ruta y la velocidad. El estándar de diseño se basa principalmente del entorno de hardware del dron y los requisitos de calidad de la tarea.

#### 4.6 Selección de tiempo para fotografía aéreo.

Durante la medición fotográfica de dron, los factores climáticos pueden afectar la calidad y precisión de la imagen completa. Generalmente, se realiza el trabajo de medición aéreo en condiciones adecuadas basando principalmente los siguientes puntos: (1) El vuelo aéreo debe ser realizado en condiciones climáticas más favorables de la zona seleccionada, Intenta evitar el mal tiempo (como lluvia, viento, niebla, etc.), de lo

contrario se afectará la calidad de la imagen, debe garantizar que la imagen capturada sea verdadera y clara (2) Cuando realice fotografías aéreas, asegúrese de que haya suficiente luz solar, aunque el clima local es bueno, pero esta nublada y no se satisfagan las condiciones de luz solar, se debe evitar tanto como sea posible. (3) En zonas de desiertos, rocosos, bosques y tierras alcalinas salinas a gran escala no deben fotografiarse dos horas antes y después del mediodía local, Las ciudades con montañas y edificios de gran altura se fotografía idealmente una hora antes y después del mediodía local. Si las condiciones lo permiten, pueden implementarse bajo las nubes(Lunetta, R. S et al.,2004).

## 5 Ejemplo real

### 5.1 Resumen de la zona de analisi

Descripcion de la zona: Este trabajo selecciona Turó Parc de Barcelona como zona de investigación, construida en 1934, con 2,88ha, ubicado en Av. De Pau Casals 19, distrito de Sarriá-San Gervasio, Barcelona, España. Entre 41 ° 23'40.5 "N de altitud norte y 2 ° 08'27.6" E de longitud este

Tiene un bosquecillo de encinas, con un sotobosque de plantas arbustivas y trepadoras propias de la vegetación mediterránea, como el durillo. También destacan las magnolias, los pimenteros falsos, los cedros del Himalaya, los tilos, los plataneros y los árboles del amor. En cuanto a las palmeras, hay grandes ejemplares de palmera datilera, de palmera de Canarias y de washingtonia.

Figura: 6 Mapa de alcance de planificación



Fuente: Elaboración propia con ArcGis pro

### 5.2 Fuente de datos

#### 5.2.1 Herramientas de análisis

En esta investigación, usamos el dron Mavic Pro de 4 rotores para uso no profesional lanzado en año 2016 por la compañía DJI (Figura 1). El dron esta compuesto de sistema de vuelo, control teledetección, cámaras con plataforma nube y dispositivos móviles que soportan el uso (por ejemplo, iPad), el peso del dron es de 743

gramos, equipado con el nuevo sistema de estabilización de imagen que puede compensar el movimiento intenso de la aeronave, la precisión de control es de  $\pm 0.03$  grados. El sistema de vuelo está integrado en el cuerpo del dron, con IMU duales (unidades de medición inercial) y sistemas de brújula integrada en la parte delantera del dron, está montado con una palanca de control, la frecuencia de funcionamiento de 2.400 ~ 2.483 GHz, y se pueden interconectar con el dispositivo móvil para controlar a cámara y el dron, también puede planificar el vuelo. DJI Lightbridge el sistema de transmisión de imágenes de alta definición está incorporado, la transmisión de imágenes y control teledetección a distancia puede hasta 7 km. Este dron incorpora el sistema de detección de obstáculos delanteros, puede tomar la iniciativa para evitar obstáculos durante el vuelo. Mavic Pro puede recibir señales de satélite de posicionamiento GPS y GLONASS simultáneamente para obtener información de posición de la imagen con una precisión de 5 m. La cámara integrada equipada con Mavic Pro es una cámara de consumo de bajo coste. Longitud focal es de 26 mm (35 mm formato equivalente), con un sensor de imagen CMOS de una resolución de 12 millones de píxeles 1 / 2,3 en (1 in = 2,54 cm), puede capturar información espectral de rojo y verde (RGB). Con el fin de adaptarse mejor a la antena, de los fabricantes la lente de la cámara se ha optimizado, 78,8 ° ángulo de visión, f / 2.2 Apertura de la lente ultra-baja distorsión, imagen nítida. Mavic Pro lleva una batería de alta densidad de energía y un sistema de potencia de vuelo inteligente de alta eficiencia, la velocidad máxima de vuelo es de 20 m / s La duración máxima de la batería de una sola batería es de aproximadamente 30 minutos.

Figura: 7 Mapa de alcance de planificación

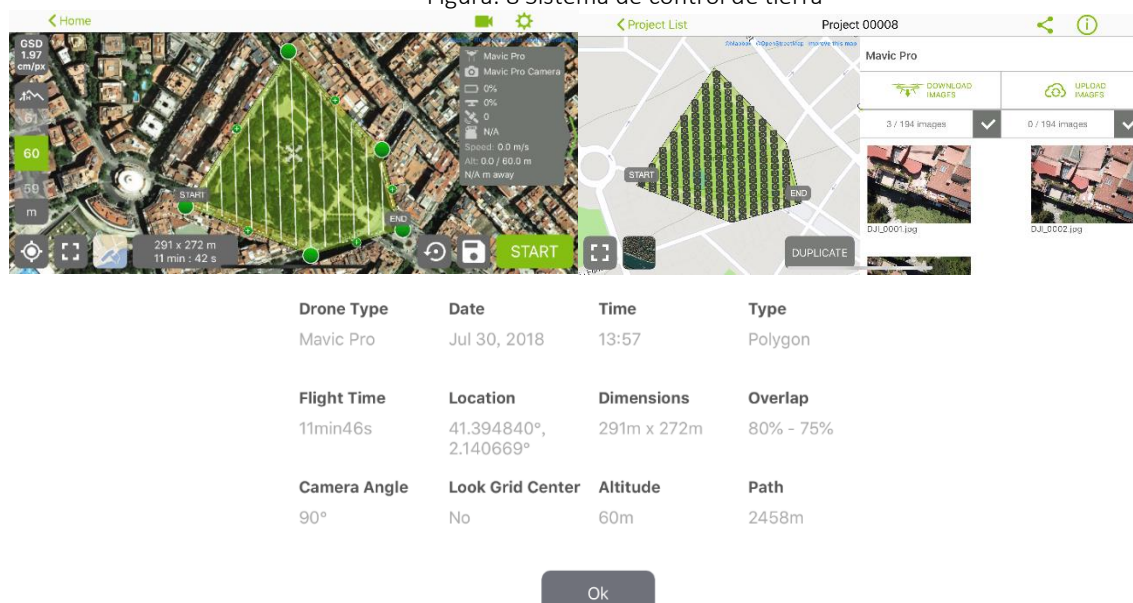


Fuente: Tomada de ( Google 2018)

Este artículo utiliza el software Pix4Dcapture para desarrollar el plan de vuelo, que es un excelente software de planificación de rutas UAV, que admite una variedad de modelos de UAV, incluida la serie DJI. Solo es necesario determinar el alcance aéreo en el mapa base proporcionado por el software antes del vuelo. Al configurar parámetros tales como altitud de vuelo, velocidad máxima de vuelo y superposición de imágenes, el software generará automáticamente la ruta, la duración estimada del vuelo y el número de imágenes aéreas. Durante el vuelo, el software puede mostrar la posición, altitud, velocidad, parámetros de la cámara y la información como la potencia de la señal inalámbrica que son conveniente para que los usuarios controle el proceso de fotografía aérea. El diseño tiene una altura náutica de 60 m, la superposición vertical de la imagen es del 80% y la superposición lateral es del 75% (figura 4). El vuelo ha sido realizado el día 30 el clima era de nublado a ser soleado, la visibilidad era alta y el viento era menor que el nivel 3, era adecuado para fotografías aéreas. El proceso de fotografía aérea del dron fue realizado con despegue manual, acuerdo a rutas planificadas, retorno automático, etc. Alrededor de 14 minutos, hizo un total de 194 imágenes del área de estudio con una resolución de aproximadamente 2,6 cm / pixel. La calidad de la imagen era buena y no había una distorsión borrosa obvia.



Figura: 8 Sistema de control de tierra



Fuente:Elaboración propia con pix4Dcapture e información de aérea de Drone de 30 de Julio 2018

## 5.2.2 Observación real sobre la zona

Con varios díasde recerca y verificaciones con la lista de todas las plantas en el sitio web oficial, del parque y junto con lla ayuda del personal del parque Esperansa Huerta para identificar e concluir los principales tipos de árboles y árboles, hemos obtenido 20 tipos principales de árboles, de los cuales los más comunes son Quercus ilex, Platanus hispanica, Tipuana tipu.

Tabla: 2 Árboles principales en el Parc Turó

	Nombre del arbol	Cantidad
1	Schinus molle var. areira	18
2	Quercus ilex	95
3	Casuarina cunninghamiana	7
4	Robinia pseudoacacia	14
5	Phoenix canariensis	7
6	Cupressus sempervirens	22
7	Olea europaea var. europaea	6
8	Phytolacca dioica	3
9	Platanus hispanica	33
10	Washingtonia filifera	17
11	Acer campestre	2
12	Tipuana tipu	94
13	Tilia tomentosa	28
14	Jacaranda mimosifolia	3
15	Pinus pinea	13
16	Magnolia grandiflora / Magnolia grandiflora	13
17	Populus alba 'Pyramidalis'	5
18	Morus alba	1
19	Ginkgo biloba	2
20	Euonymus japonicus	2

Fuente: Elaboración propia con la Jardinera Esperansa Huerta de 30 de Agosto 2018

Figura: 9 Observación real



Fuente: Observación real con la Jardinera Esperansa Huerta de 30 de Agosto 2018

### 5.3 Procesamiento de datos de imagen. Dronemap2 para Arcgis.

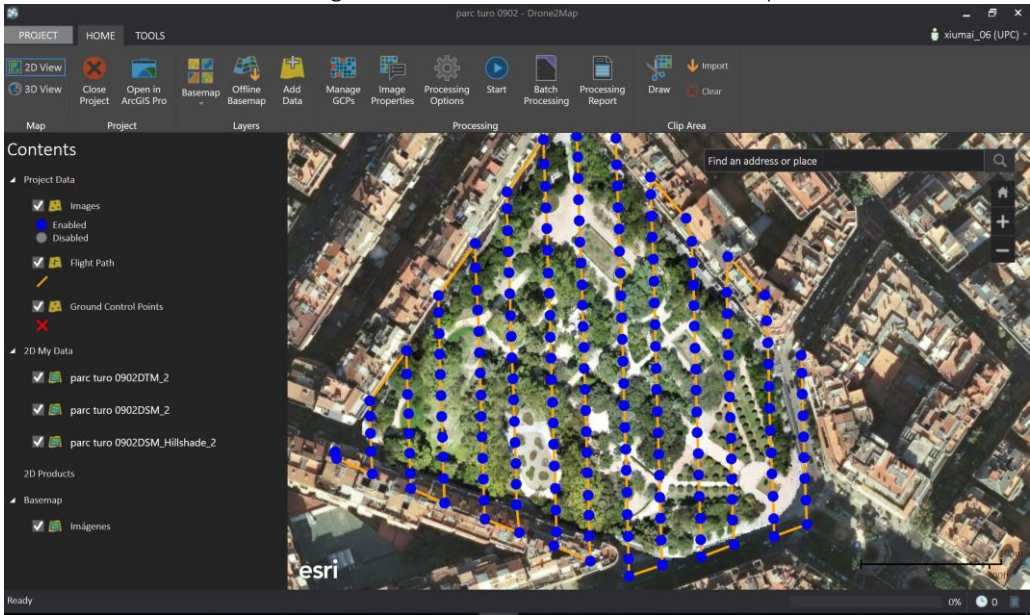
Las imágenes UAV son diferentes con las otras imágenes aéreas, tienen gran superposición, imágenes en tamaños pequeños, líneas de base cortas, gran ángulo de rotación y sufren distorsiones, falta de GPS de alta precisión e IMU, por eso el procesamiento tradicional de fotogrametría aérea no puede utilizarse para procesamiento de imágenes del fotografiado por dron. En los últimos años apareció la tecnología SfM que esta basada en fotografía estéreo de múltiples vistas puede reconstruir con eficacia el terreno 3D desde imágenes con múltiples ángulos de visión y simultáneamente calcular los parámetros de la cámara de imágenes (Smith et al., 2015). Proporciona una nueva solución para procesamiento de imágenes de los drones. No requiere la posición de fotografía de la cámara, la escala de la imagen y la distancia focal de disparo, por lo que se convierte en el método principal para procesamiento de imágenes del dron. Este documento escoge la programa Dronemap 2 for Arcgis basada en la visión digital y la tecnología SfM. para procesar fotografías domadas desde dron. El software basado en el contenido de la imagen, utilizando técnicas de optimización únicas y técnicas de ajuste de redes regionales para calibrar imágenes, lo que permite una generación completa y rápida de DSM y ortofotos.

Dronemap2 for ArcGIS primero usa la formula SIFT(Lowe, 2004) que combina la información de posición GPS de la imagen con la imagen introducida para obtener la mayoría de puntos característicos, y después con usando el algoritmo de coincidencia eficiente para coincidir conSfM, usando los puntos coincidos , resolviendo los parámetros de la cámara, información de la escena y otros datos, pueden rastrear puntos característicos de una imagen a la otra, para estimar la situación de cámara y situación tridimensional de los puntos característicos, y utilizando el algoritmo no lineal de mínimos cuadrados para lograr una optimización iterario. Como resultado,, Dronemap2 for ArcGIS no necesita ser calibrado de antemano por la cámara, los parámetros de distorsión de la lente de la cámara se pueden obtener por cálculo. Debido de que SFM genera escasos puntos de nube, es difícil generar continuamente información del terreno, y por lo tanto necesita ser encriptada. Se puede conseguir con algoritmo MVS, el algoritmo se basa en los parámetros de la camera optimizada y hace una búsqueda de la imagen para obtener los mejores puntos coincidentes



entre las imágenes, lo que genera una nube de puntos cifrado. Genera DSM y hace corrección digital a la imagen original, juntarlas y genera una Orthomosaic.

Figura: 10 Interfaz del software Drone2map



Fuente: Elaboración propia con Drone2map

A partir de los resultados del informe del proyecto, se puede ver que el GSD de la imagen inicial es de 1,9 cm / 0,75 in, lo que significa que la resolución de la imagen es muy alta y muy clara. Entre ellos, la diferencia relativa entre los parámetros iniciales y optimizados de la cámara interna es de 1,84%(La diferencia relativa entre los parámetros de la cámara interna inicial y optimizada es 1.84%)

Figura: 11 Ortomosaico y el escaso modelo de superficie digital (DSM) correspondiente antes de la densificación

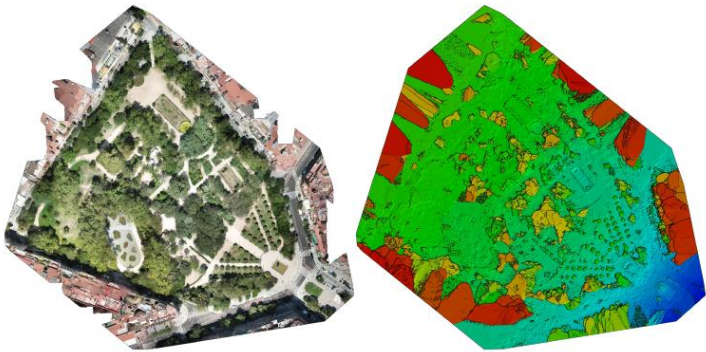
Summary

Project	parc turo 0902
Processed	2018-09-02 18:30:12
Camera Model Name(s)	FC220 4.7 4000x3000 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	1.90 cm / 0.75 in
Area Covered	0.052 km² / 5.2425 ha / 0.02 sq. mi. / 12.9613 acres
Time for Initial Processing (without report)	01h:11m:47s

Quality Check

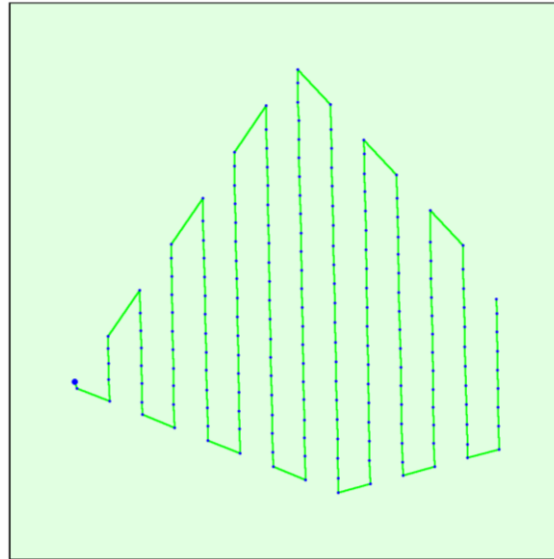
Images	median of 52269 keypoints per image	✓
Dataset	189 out of 192 images calibrated (98%), all images enabled	✓
Camera Optimization	1.84% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
Matching	median of 6523.19 matches per calibrated image	✓
Georeferencing	yes, no 3D GCP	⚠

Preview



Fuente: Elaboración propia con resulta del Drone2map

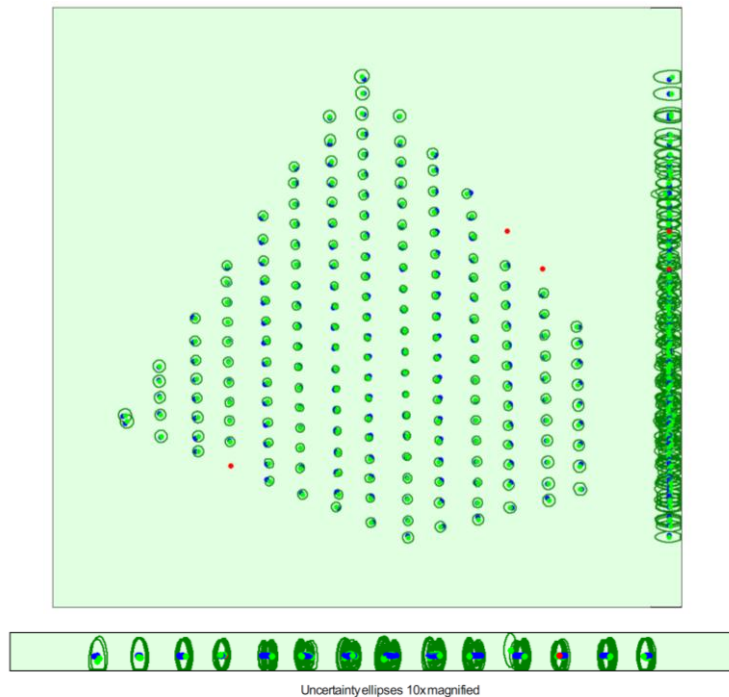
Figura: 12 Posiciones iniciales de imagen



Fuente: Elaboración propia con resulta del Drone2map

Vista superior de la posición de la imagen inicial. La línea verde sigue la posición de las imágenes en el tiempo a partir del punto azul grande.

Figura: 13 Imagen computarizada / GCP / Posiciones de puntos de empate manual



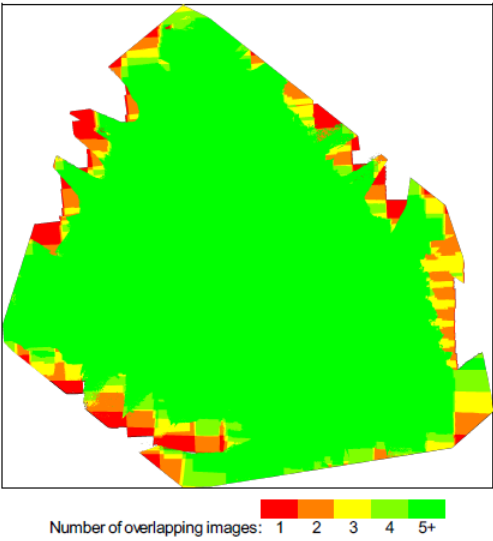
Fuente: Elaboración propia con resulta del Drone2map

Desplazamiento entre las posiciones de imagen inicial (puntos azules) y calculada (puntos verdes), así como la compensación entre las posiciones iniciales de los GCP (cruces azules) y sus posiciones calculadas (cruces verdes) en la vista superior (plano XY), vista frontal (Plano XZ) y vista lateral (plano YZ). Los puntos rojos indican imágenes deshabilitadas o no calibradas. Las elipses de color verde oscuro indican la incertidumbre de posición absoluta del resultado de ajuste del bloque de paquete.

Las áreas rojas y amarillas indican una superposición baja para la cual se pueden generar resultados pobres. Las áreas verdes indican una superposición de más de 5 imágenes por cada píxel. Se generarán buenos resultados de calidad siempre que el número de coincidencias de puntos clave sea suficiente para estas áreas

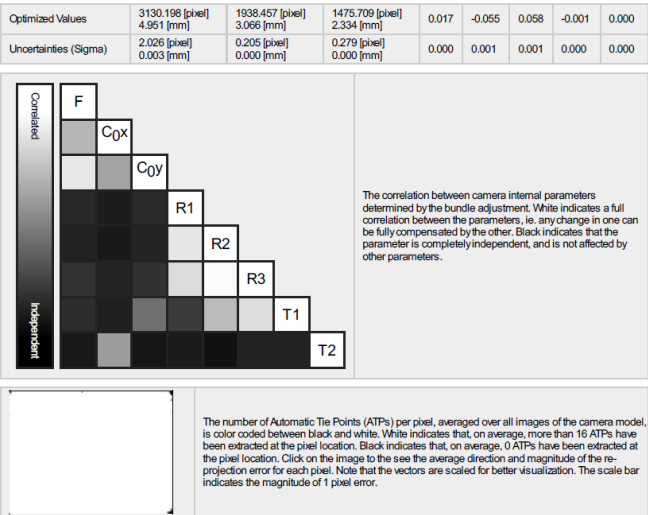
(consulte la Figura 5 para ver las coincidencias de los puntos clave).

Figura: 14 Número de imágenes superpuestas calculadas para cada píxel del ortomosaico



Fuente: Elaboración propia con resulta del Drone2map

Figura: 15 Parámetros internos de la cámara



2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	52269	6523
Mn	33755	497
Max	70022	13586
Mean	52239	6518

Fuente: Elaboración propia con resulta del Drone2map

Figura: 16 Partidos de Keypoint 2D

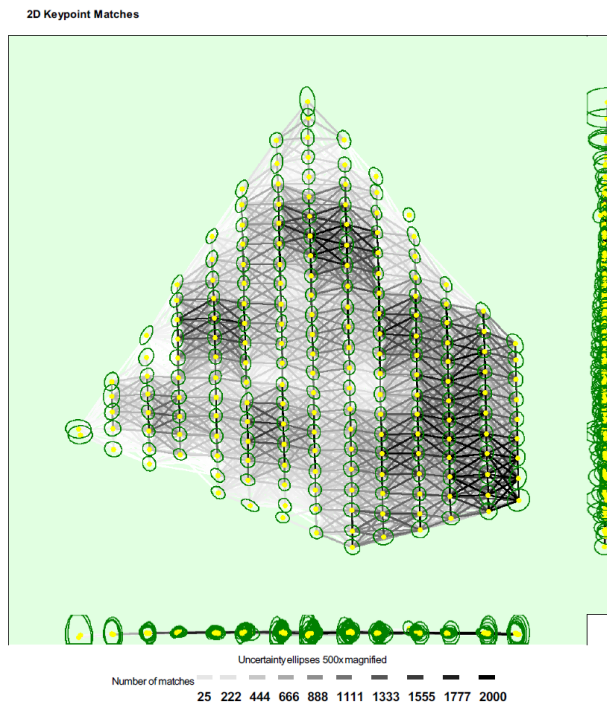


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.008	0.009	0.009	0.015	0.014	0.005
Sigma	0.001	0.001	0.005	0.006	0.006	0.002

Fuente: Elaboración propia con resulta del Drone2map

La correlación entre los parámetros internos de la cámara determinada por el ajuste del paquete. El blanco indica una correlación completa entre los parámetros, es decir. cualquier cambio en uno puede ser completamente compensado por el otro. El negro indica que el parámetro es completamente independiente y no se ve afectado por otros parámetros.

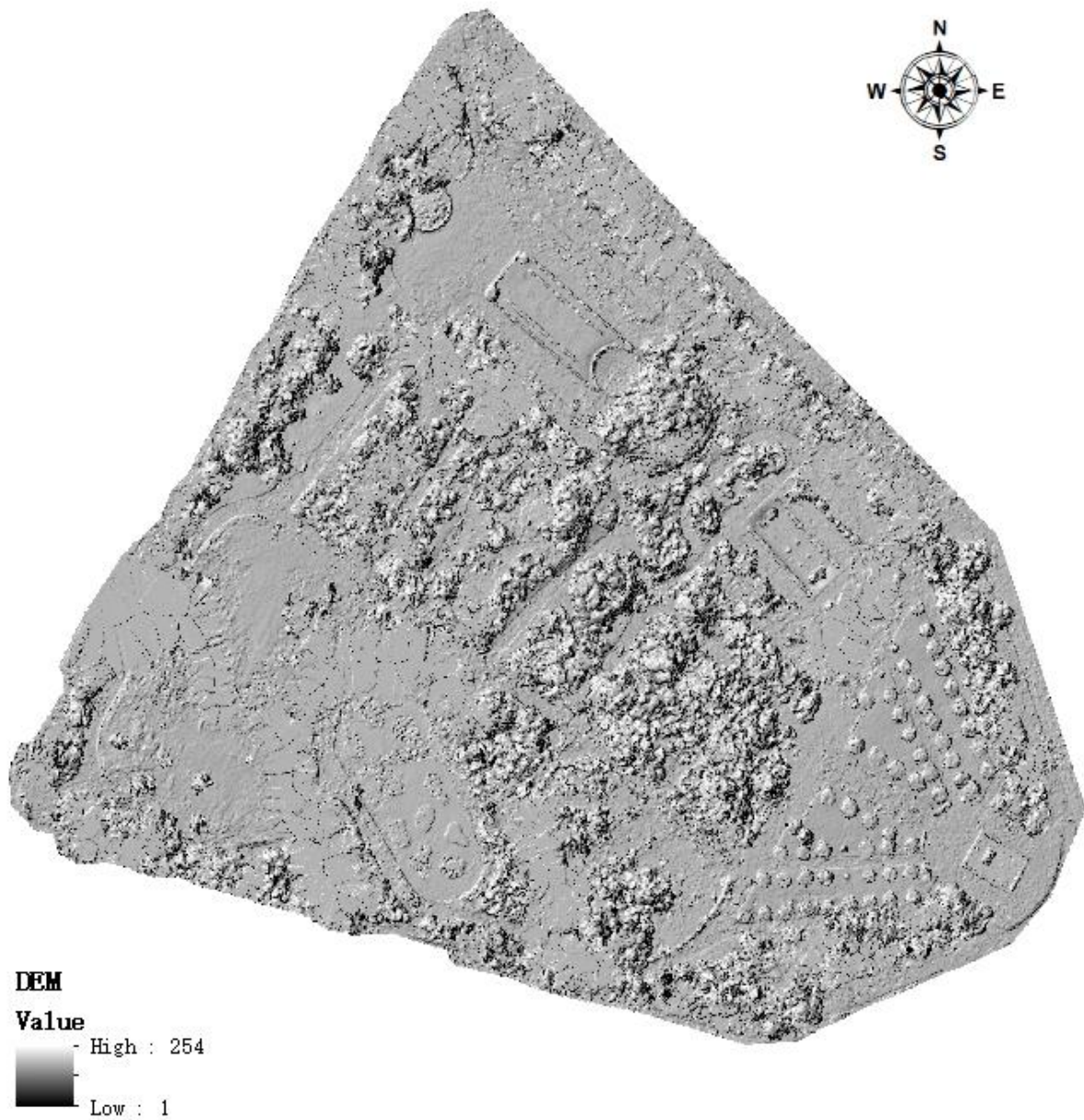


## 5.4 Segmentación de resolución múltiple y clasificación

### 5.4.1 Creación del proyecto

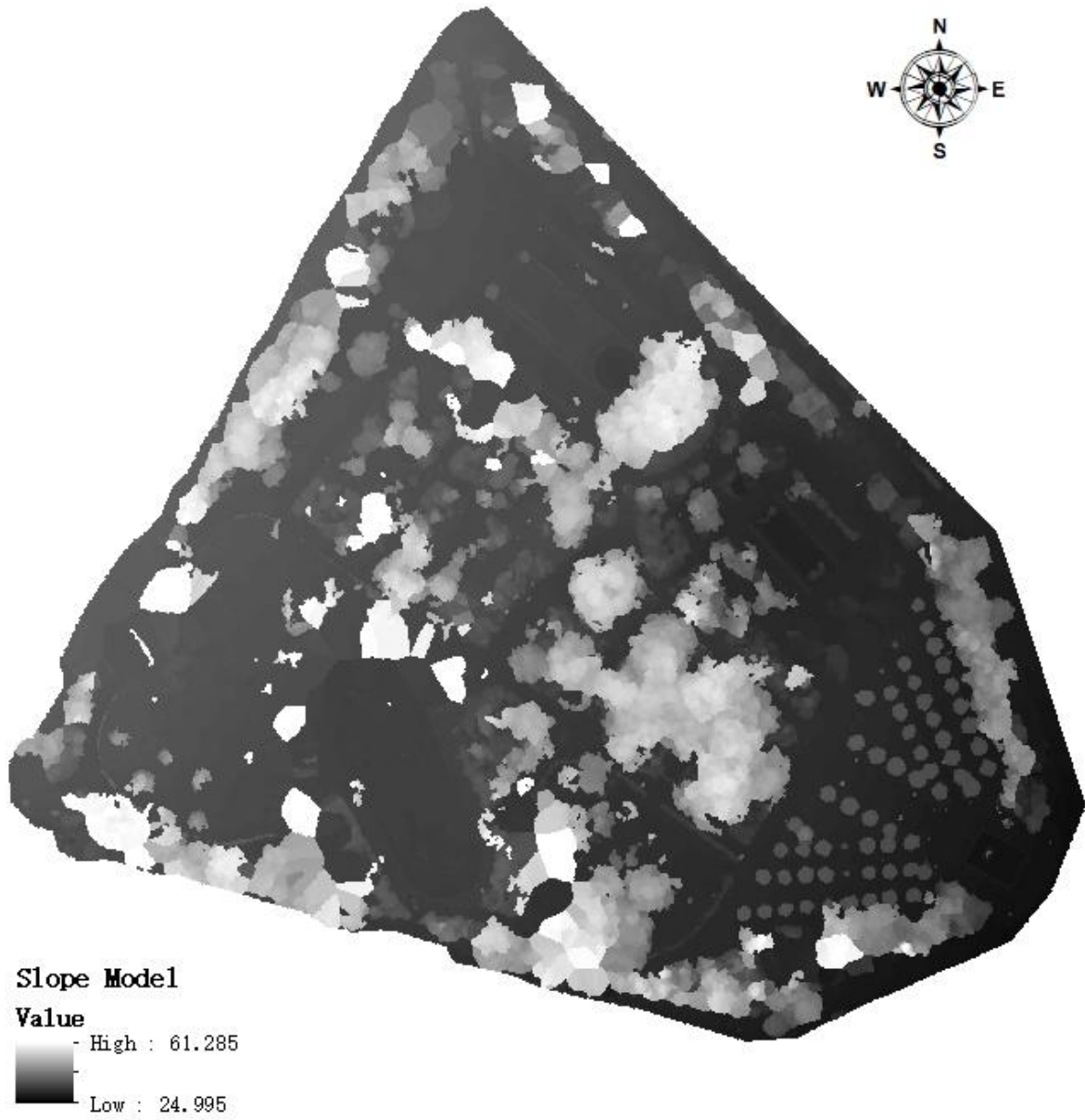
Primero, utilizamos ArcGIS-Pro para ajustar los mapas de elevación y aspecto a imágenes de un solo espectro.

Figura: 17 Modelo digital del terreno



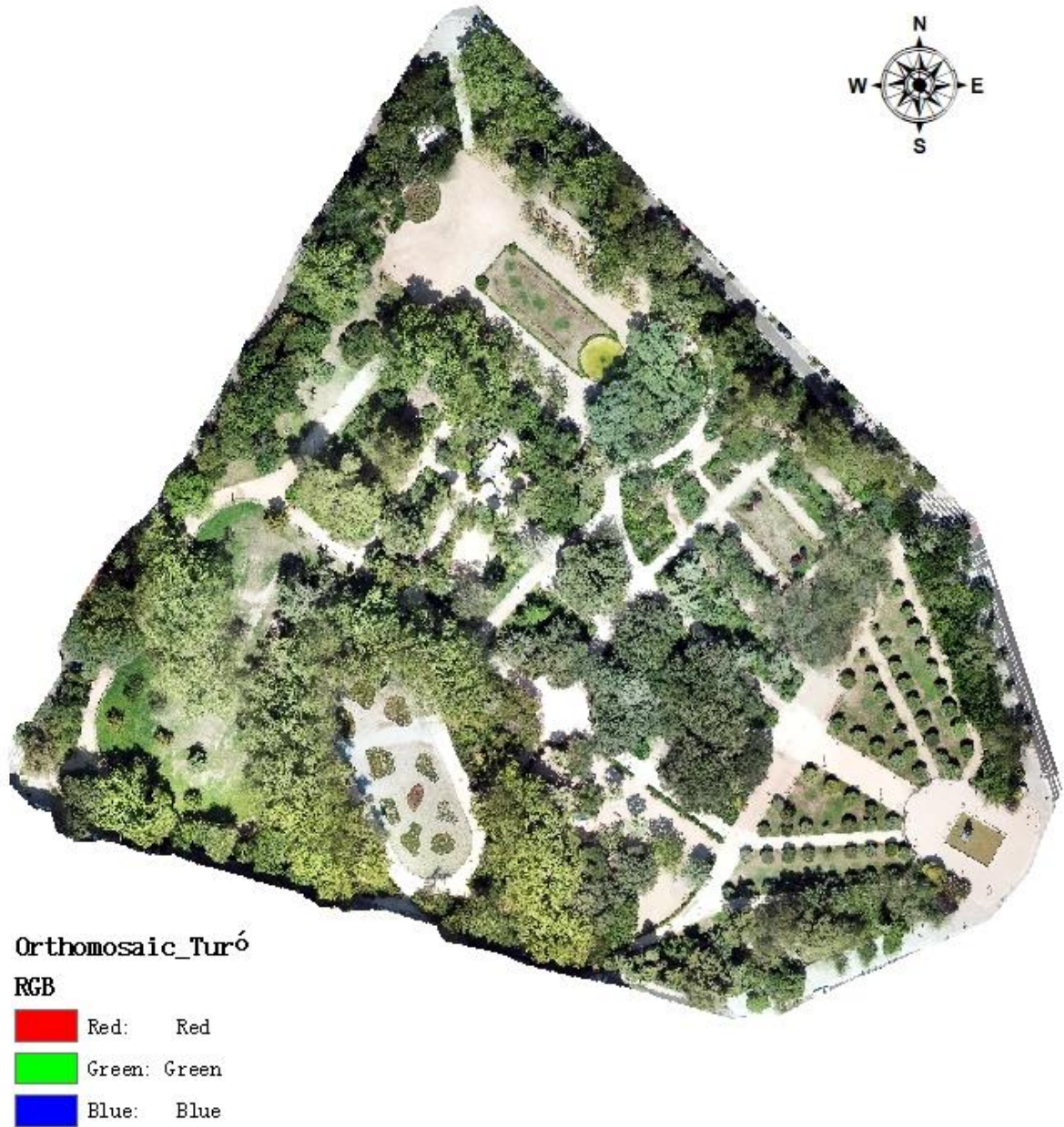
Fuente: Elaboración propia con información de Modelo digital del terreno con Arcgis Pro

Figura: 18 Modelo de pendiente



Fuente: Elaboración propia con información de Modelo de pendiente con Arcgis Pro

Figura: 19 Orthomosaic

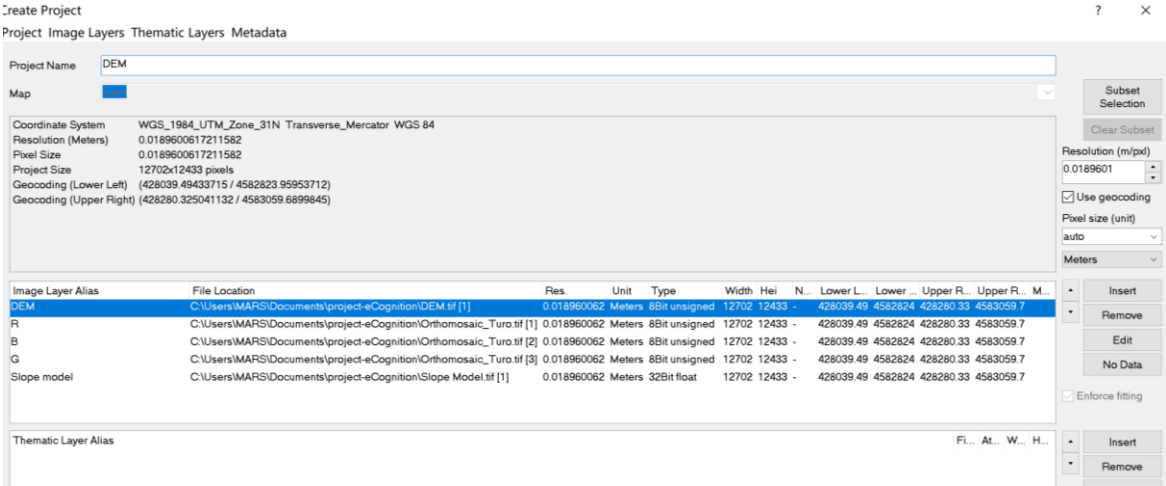


Fuente: Elaboración propia con información de Orthomosaic con Arcgis Pro



En Ecognition, creamos un nuevo proyecto, importamos los espectros Modelo digital del terreno, Modelo de pendiente y Orthomosaic. Después de importar la imagen, podemos ver que hay total cinco capas. Renombramos las capas en R, B, G, DEM y Slope Model. Desde el cuadro de opción del proyecto creado, vemos informaciones relacionados como el tamaño de píxel (píxel) de este proyecto es 0.0189, sistema De coordenadas (sistema de coordenadas) es WGS\_1984\_UTM\_Zone\_31N y así sucesivamente. Figura: xx

Figura: 20 Ventana de opciones de creación de proyecto

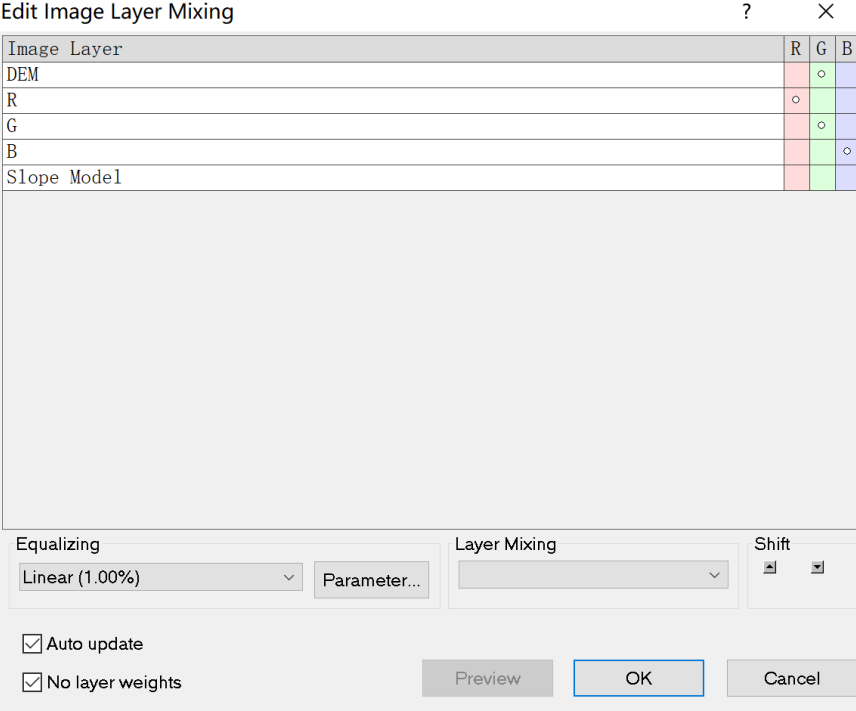


Fuente: Elaboración propia de Ecognition

### 5.4.2 Efecto de visualización de la imagen

Al configurar el método de combinación de bandas para establecer el efecto de ecualización, usamos el modo RGB para combinar las bandas como se muestra en la Figura xx, y usamos la banda DEM para mejorar como se muestra en la Figura xx y la Figura xxx. Se puede ver claramente en la figura con la ayuda de la mejora, podemos ver mas claramente las diferencias de las alturas de los arboles

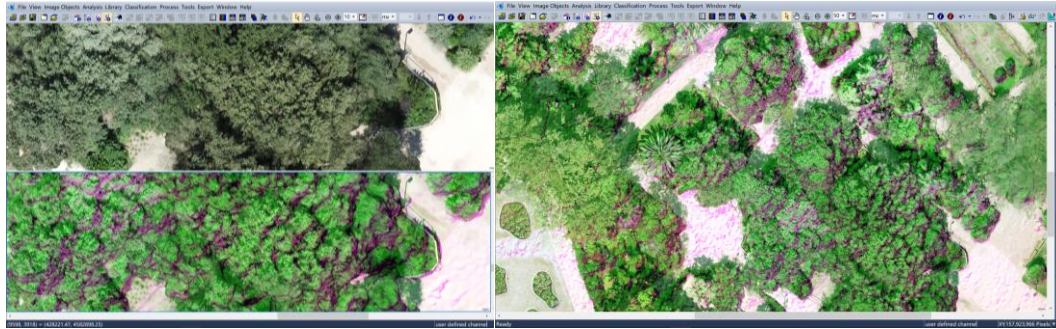
Figura: 21 Ondas combinadas de capas de imagene



Fuente: Elaboración propia de Ecognition



Figura: 22 imagen mejorada de ondas DEM

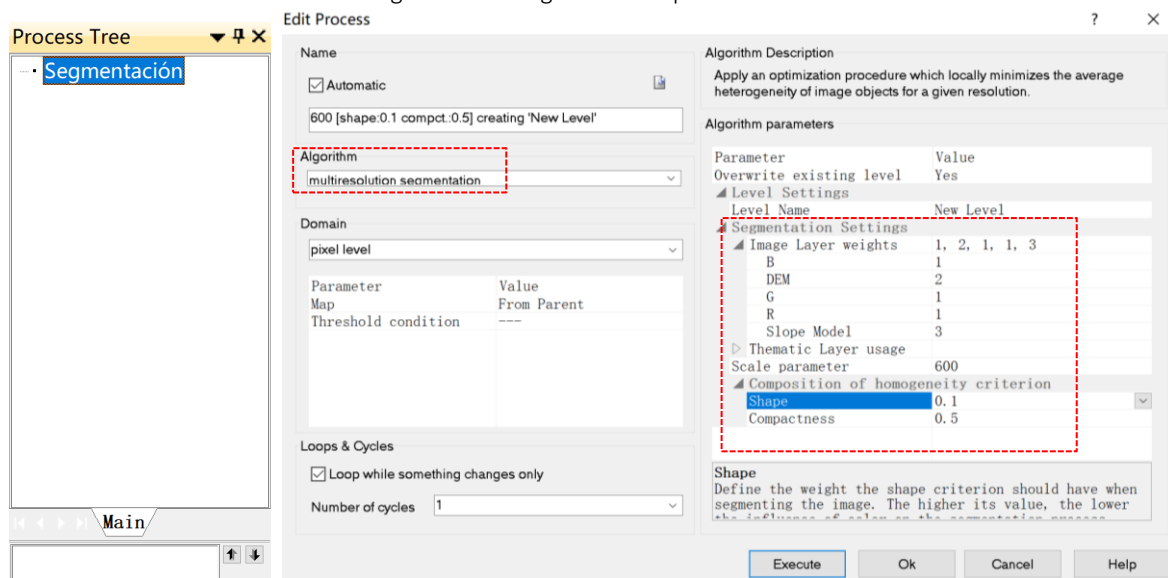


Fuente: Elaboración propia de Ecgnition

### 5.4.3 Segmentación de imágenes en multiresolución

Primero en Process Tree crea un índice “Segmentación”, luego agregue el proceso Segmentación multiresolución (segmentación de múltiples escalas). A través de múltiples intentos y ajustes incorrectos de los parámetros, obtenemos la tabla con mejores valores de parámetros (Tabla 3). El parámetro de escala se establece en 600 (dado que la resolución de la imagen es más alta, la escala de segmentación es relativamente grande). En segundo lugar, queremos el porcentaje de la diferencia de la altura a través del DEM con los modelos de elevación, enfatizando así los límites de los árboles. Entonces en los ajustes de segmentación el DEM se establece en 2 y el Slope Model se establece en 3. Finalmente, el factor de forma depende del factor de color o factor de forma en el que desea enfocarse. Cuanto mayor sea el valor, mayor será el factor de forma. Los factores deben ser considerados, por lo que establecemos el valor predeterminado de 0.1. Figura: 23

Figura: 23 Configuración de parámetro dividido



Fuente: Elaboración propia de Ecgnition

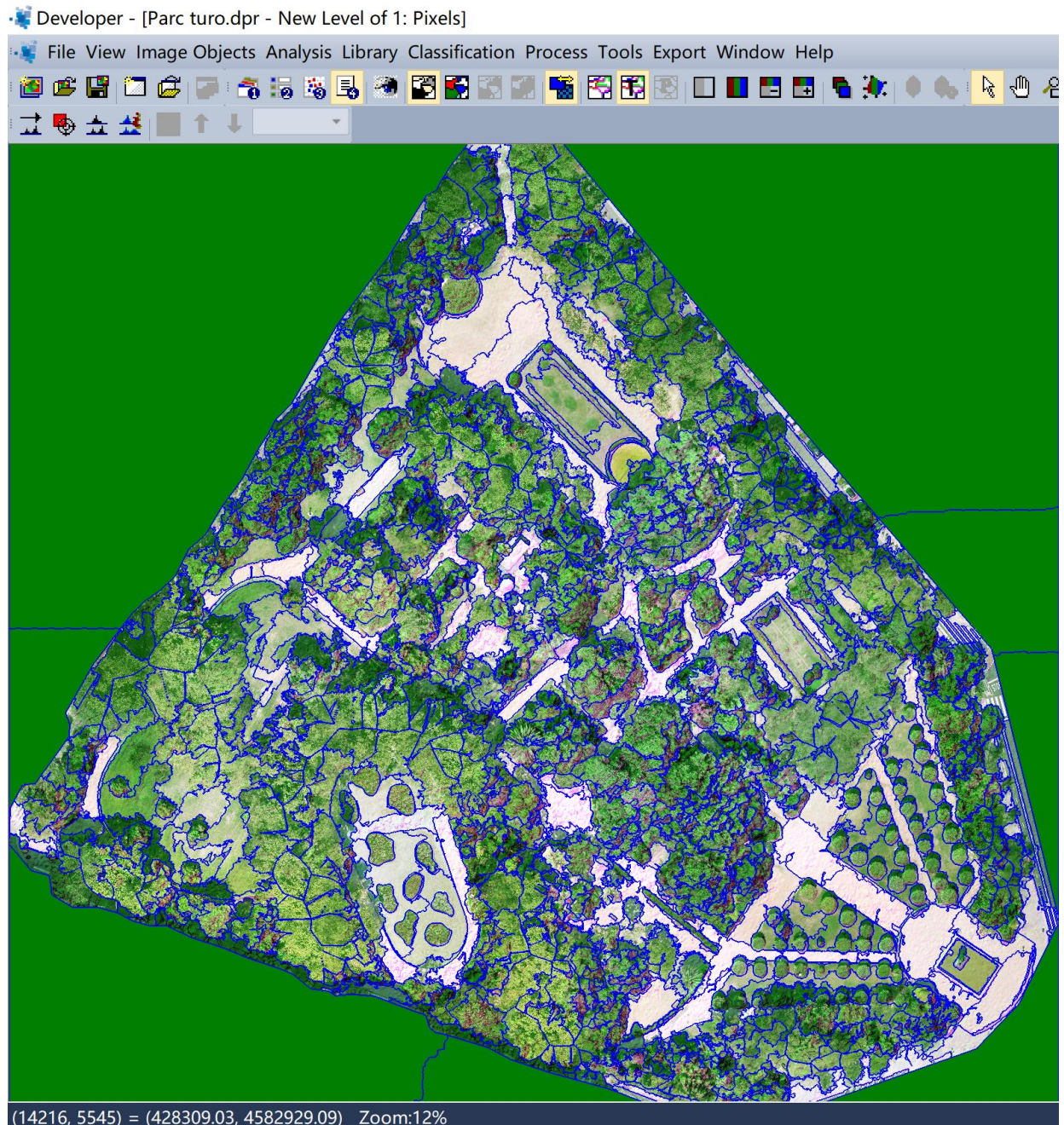
Tabla: 3 Parámetros para multiresolución

Ajuste	Opción seleccionada
Weights of R,B,G DEM,Slope model	1,1,1,2,3
Scale parameter	600
Shape	0.1
Compactness	0.5

Fuente: Elaboración propia de Ecnition

Una vez completada la segmentación, podemos ver el efecto de segmentación. Figura XX

Figura: 24 Resultado de segmentación



Fuente: Elaboración propia de Ecnition

#### 5.4.4 Selección de muestra



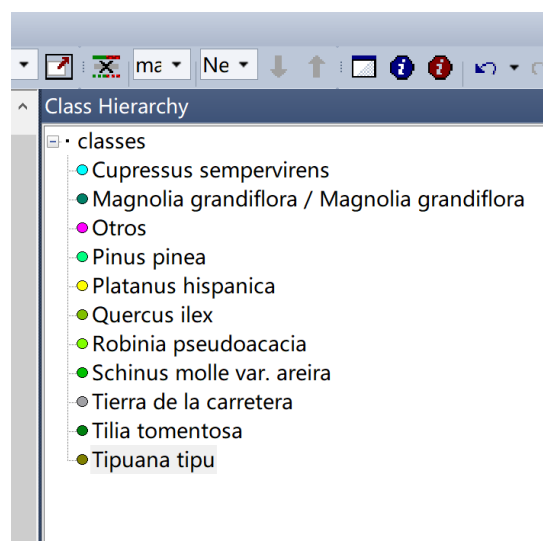
Con la recerca hecha, seleccionamos nueve categorías principales de árboles.

Selección de muestra: primero creamos las categorías, en la ventana Class Hierarchy creamos 11 categorías, que son 9 árboles, otros y terrenos para carretera. Figura: 25

Figura: 25 Muestra actual



- Schinus molle var. areira
- Quercus ilex
- Robinia pseudoacacia
- Cupressus sempervirens
- Platanus hispanica
- Tipuana tipu
- Tilia tomentosa
- Pinus pinea
- Magnolia grandiflora

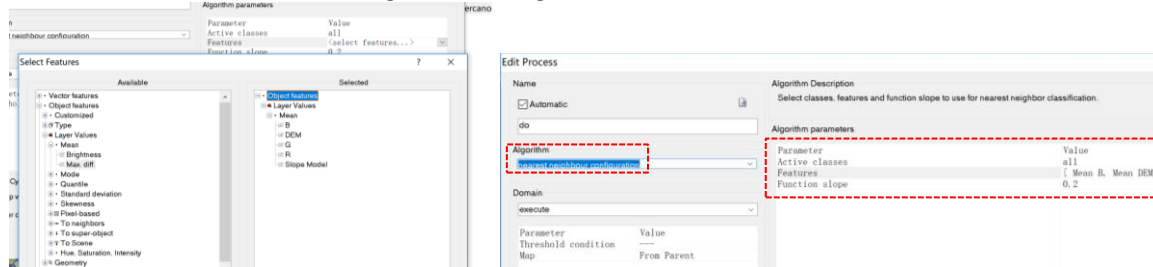


Fuente: Elaboración propia de Estado

Después de crear la categoría, usamos el método de descripción de categoría para configurar el espacio de

funciones para todas las categorías, dentro de índice de procesos de "Segmentation" de Process tree agregue una "Configuración del vecino más cercano" (para configurar los espacios de descripción) insertamos un subproceso, agregamos el algoritmo de Nearest neighbour configuration. En Active classes seleccionamos todas las categorías. En Features Seleccionamos las Object features>Layer Values>Mean los valores promedios de las bandas, de las cuales nuestras características principales son R, B, G, DEM, modelo Slop. Figura: XX

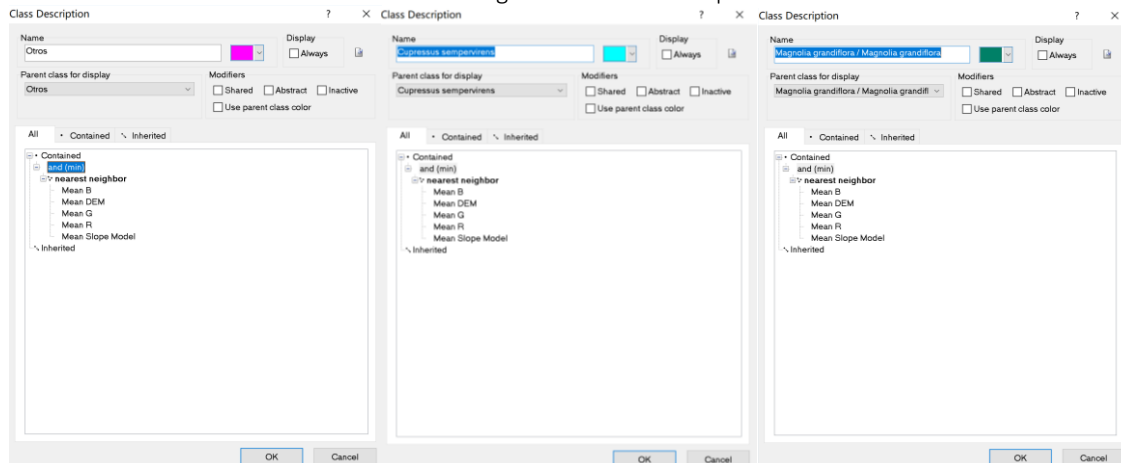
Figura: 26 Configuración del vecino más cercano



Fuente: Elaboración propia de Ecnition

Después de ejecutar, observamos la descripción en la ventana Class Description de cada categoría y descimos que el espacio de características está configurado. Figura: XX

Figura: 27 Class Description

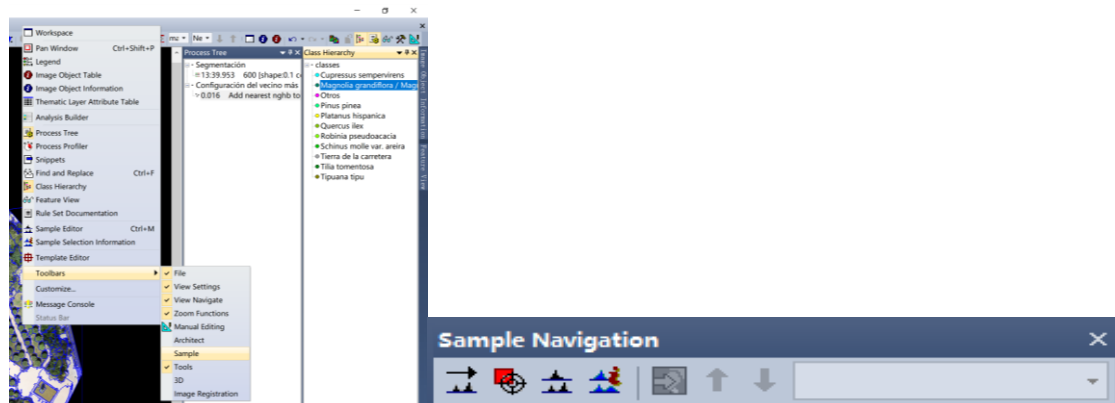


Fuente: Elaboración propia de Ecnition

configuramos cada categoría del los espacio de caracteristica

Abrimos la verificación de clasificación de la barra de herramientas Toolbars>Sample que esta dentro de la ventaja de herramientas

Figura: 28 Toolbars>Sample



Fuente: Elaboración propia de Ecnition

Seleccionamos herramientas a través de la barra de herramientas Sample, en la ventana Class Hierarchy seleccionamos una de las categorías, luego hacemos doble clic en la imagen, la seleccionamos como muestra para esta categoría y seleccionamos algunas muestras representativas. Del mismo modo, seleccionamos algunas muestras para otras categorías.

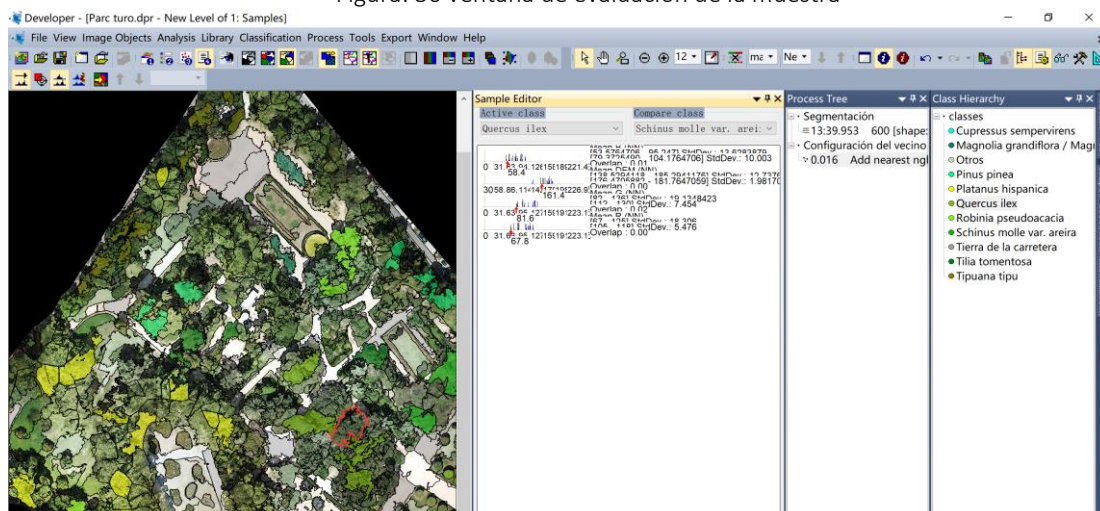
Figura: 29 Seleccione el resultado de la muestra



Fuente: Elaboración propia de Ecnition

De acuerdo con nuestra clasificación de muestras, seleccionamos diferentes muestras representativas como referencia. Podemos obtener la herramienta Sample Editor en la barra de herramientas Sample, es una ventana de evaluación de la muestra para saber si las características de muestra de la categoría seleccionada representan la categoría. Puede seleccionar diferentes objetos en la Active class. Cada icono tiene un indicador rojo debajo de la posición, que indica la ubicación del valor de la característica del objeto. Cuando este puntero rojo está en el intervalo negro indica que es probable que este objeto esté clasificado en una categoría de activación. Si no está en este intervalo de características, significa que la muestra no es suficiente para ser seleccionada o que la muestra es incorrecta.

Figura: 30 ventana de evaluación de la muestra

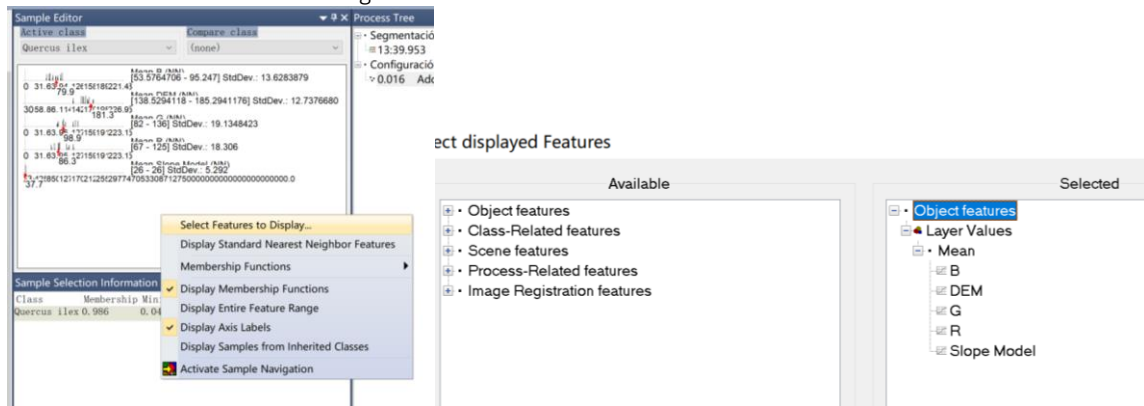


Fuente: Elaboración propia de Ecnition

Las características que se muestran en la ventana del Sample Editor pueden ser modificadas. puede elegir según las características que desee. en la ventana Sample Editor>Select Feature to Display>Select displayed features.



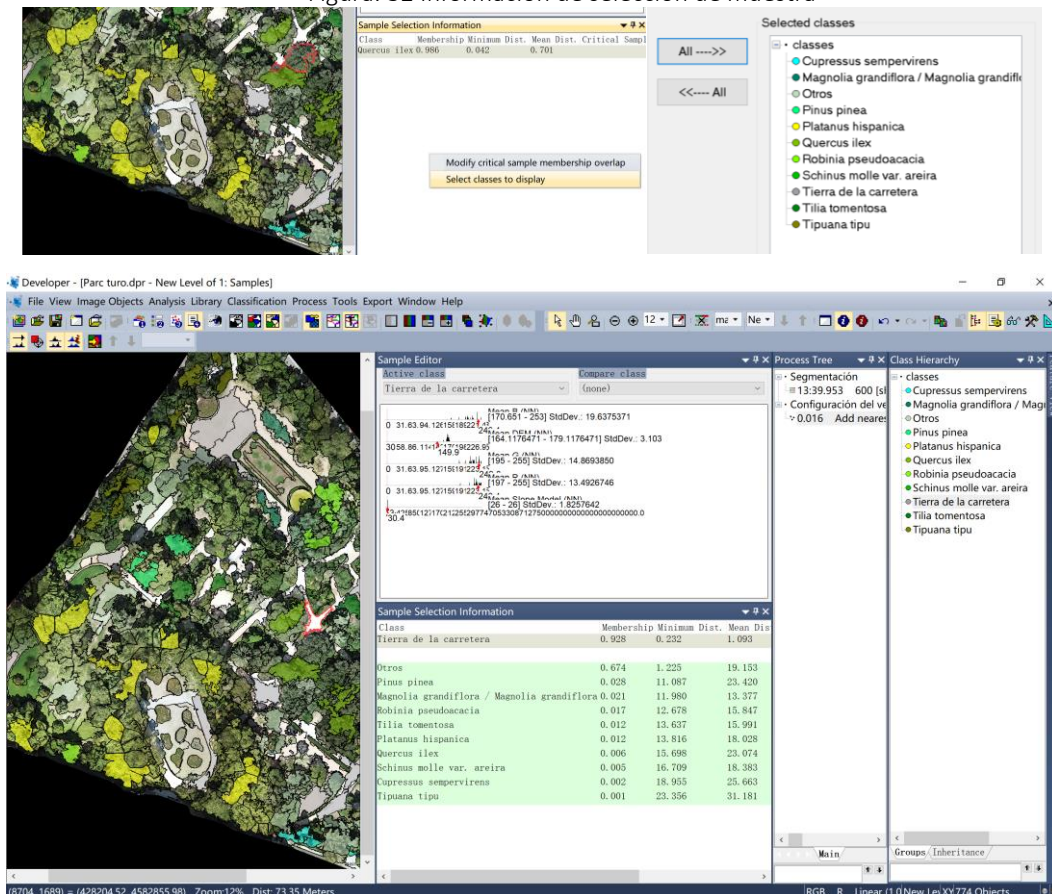
Figura: 31 Ventana de selección de características



Fuente: Elaboración propia de Ecgnition

Por supuesto, podemos ver los resultados de la evaluación en la herramienta de evaluación Sample Selection Information (Classification>Samples>Sample Selection Information y seleccionar mostrar todas las categorías. Seleccionamos un objeto en la ventana Selection Information para ver que la categoría seleccionada tiene el valor de Membresía más grande, el Minimum Dist es el más pequeño y el tipo seleccionado se llena con diferentes colores, lo que indica que es probable que el objeto se clasifique en la categoría seleccionada.

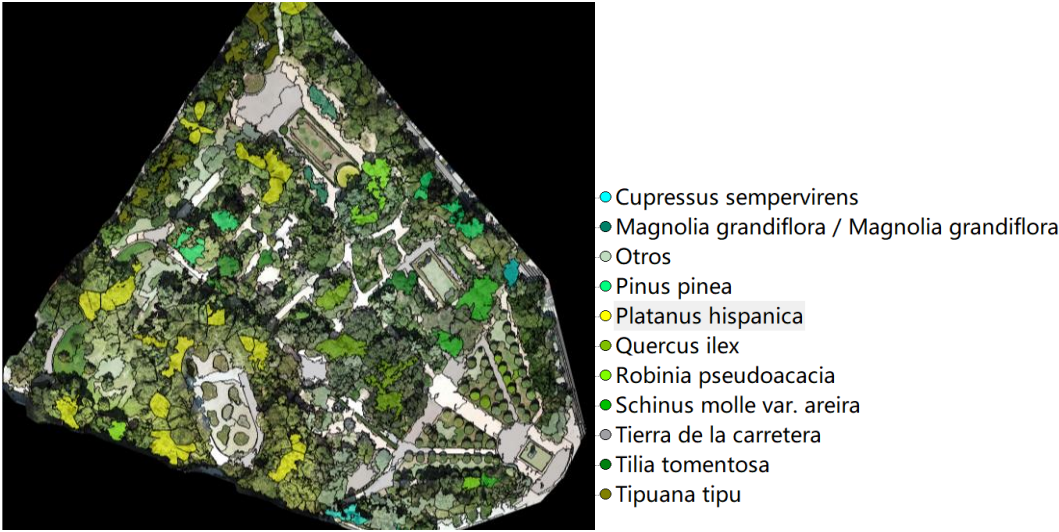
Figura: 32 Información de selección de muestra



Fuente: Elaboración propia de Ecgnition

Una vez completada la selección de muestra, cambie al modo de visualización de muestra para ver los resultados de la selección de muestra.

Figura: 33 resultados de selección de muestra

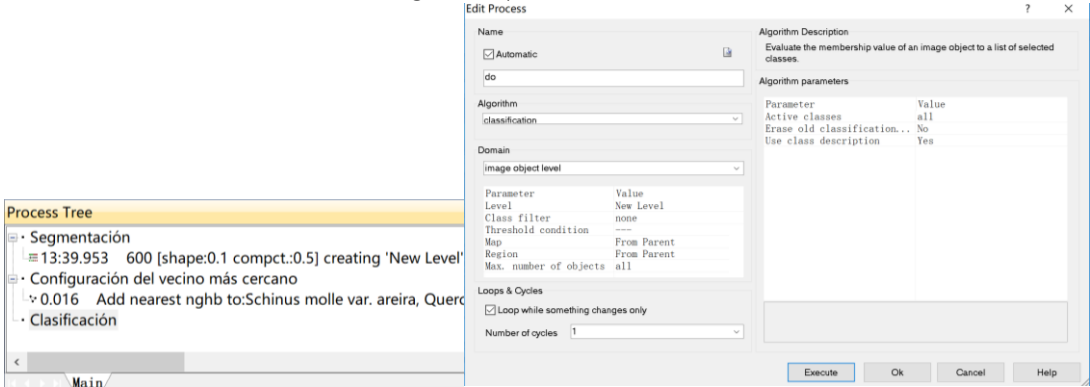


Fuente: Elaboración propia de Ecnition

#### 5.4.5 configuración del vecino más cercano

Crear un proceso de clasificación en Process Tree.

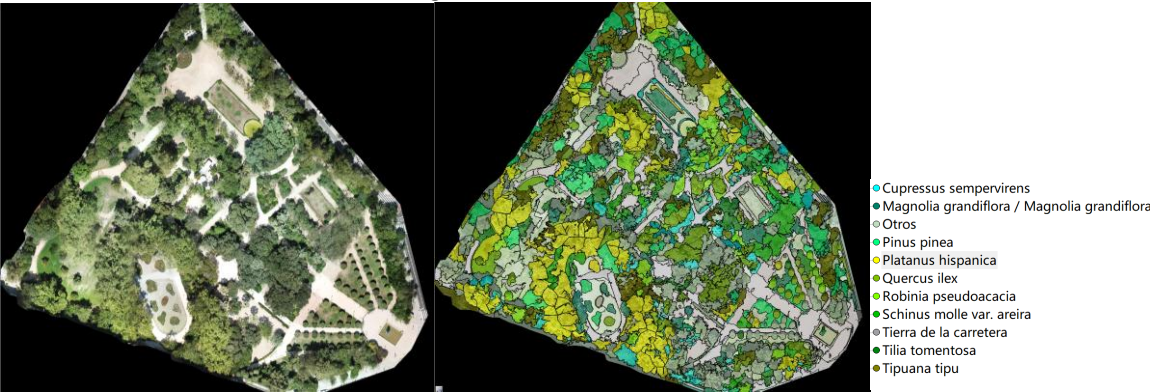
Figura: 34 proceso de clasificación



Fuente: Elaboración propia de Ecnition

Después de realizar el proceso de clasificación, vemos los resultados de la clasificación.

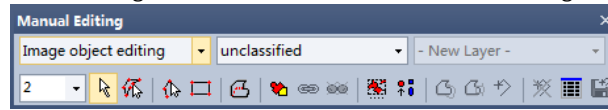
Figura: 35 resultados de clasificación



Fuente: Elaboración propia de Ecnition

Los resultados de la clasificación están optimizados y abrimos la herramienta Manual Editing en la barra de herramientas

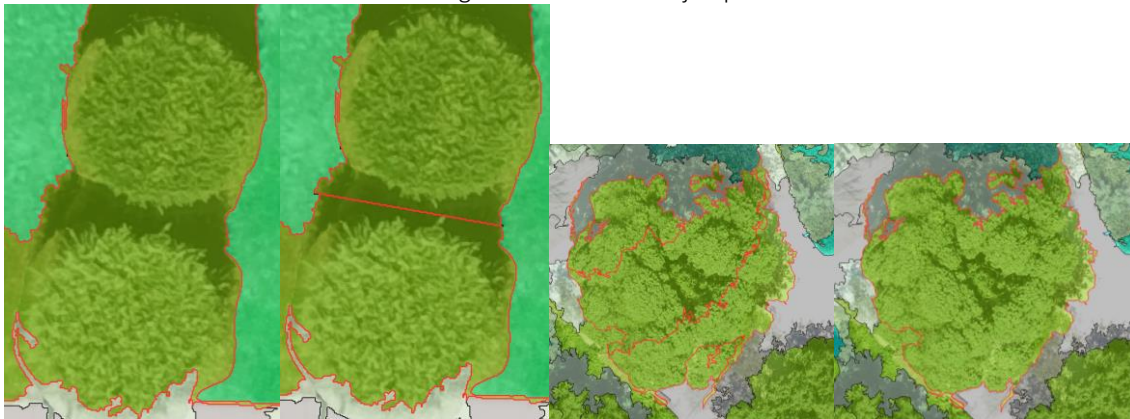
Figura: 36 la herramienta Mannual Editting



Fuente: Elaboración propia de Ecgnition

En esta herramienta, puede modificar algunos de los objetos incorrectos y, al mismo tiempo, puede juntar los objetos que están fragmentados; por supuesto, también podemos segmentarlas. Mediante de recuperación de algunas partes para lograr un mejor porcentaje correcto

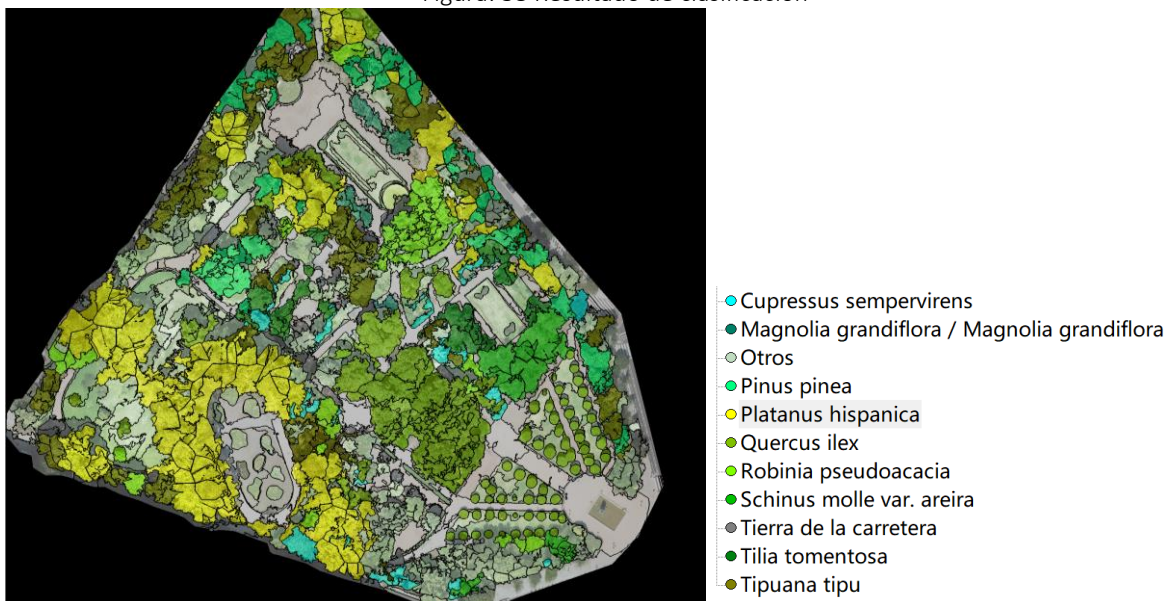
Figura: 37 Edición de ejemplo



Fuente: Elaboración propia de Ecgnition

Juntar estos objetos seleccionando Merge selection. Algunas de estas imágenes segmentadas tienen dos o tres toldos, pero podemos separar seccesivamente cada categoría de árbol . Despues podemos modificar algunas imágenes manualmente. Sacamos la imagen final

Figura: 38 Resultado de clasificación



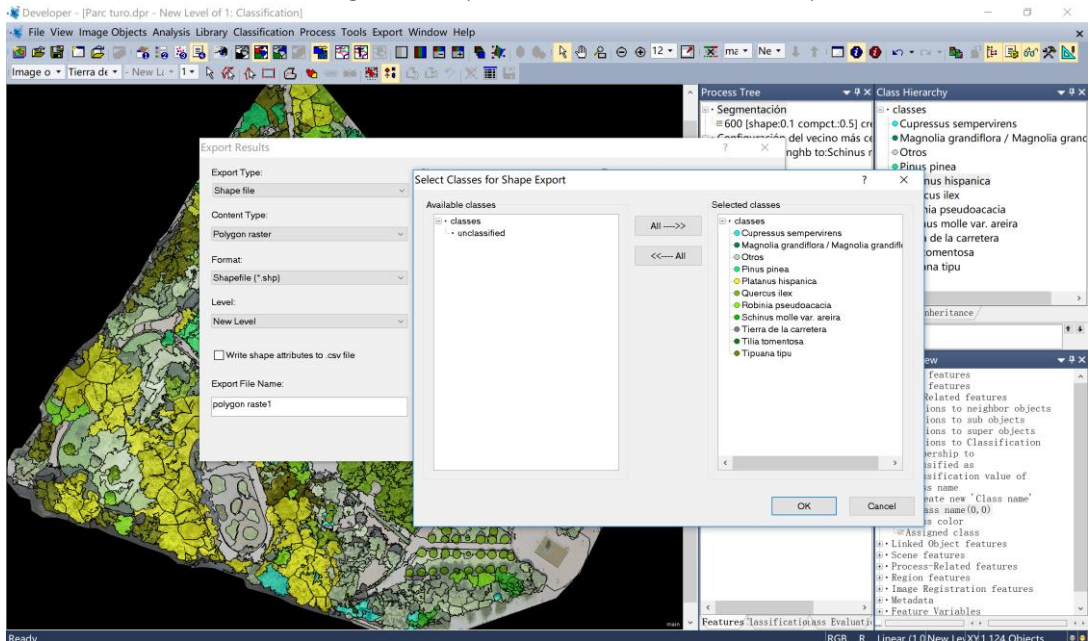
Fuente: Elaboración propia de Ecgnition



### 5.4.6 Exportar datos

Seleccionamos todas las categorías que deseamos exportar, establecemos las categorías en una columna de información separada y configuramos las unidades en metros cuadrados, seleccionamos el formato Shp para el próximo análisis Gis y también seleccionamos los puntos centrales de todos los polígonos para exportar imágenes de multipunto.

Figura: 39 Exportar resultados de formato Shp



Fuente: Elaboración propia de Ecgnition

Después de obtener la clasificación de árbol con la etiqueta de la muestra actual, la corona de los arboles se fusiona según el mapa de alta resolución y estos límites.

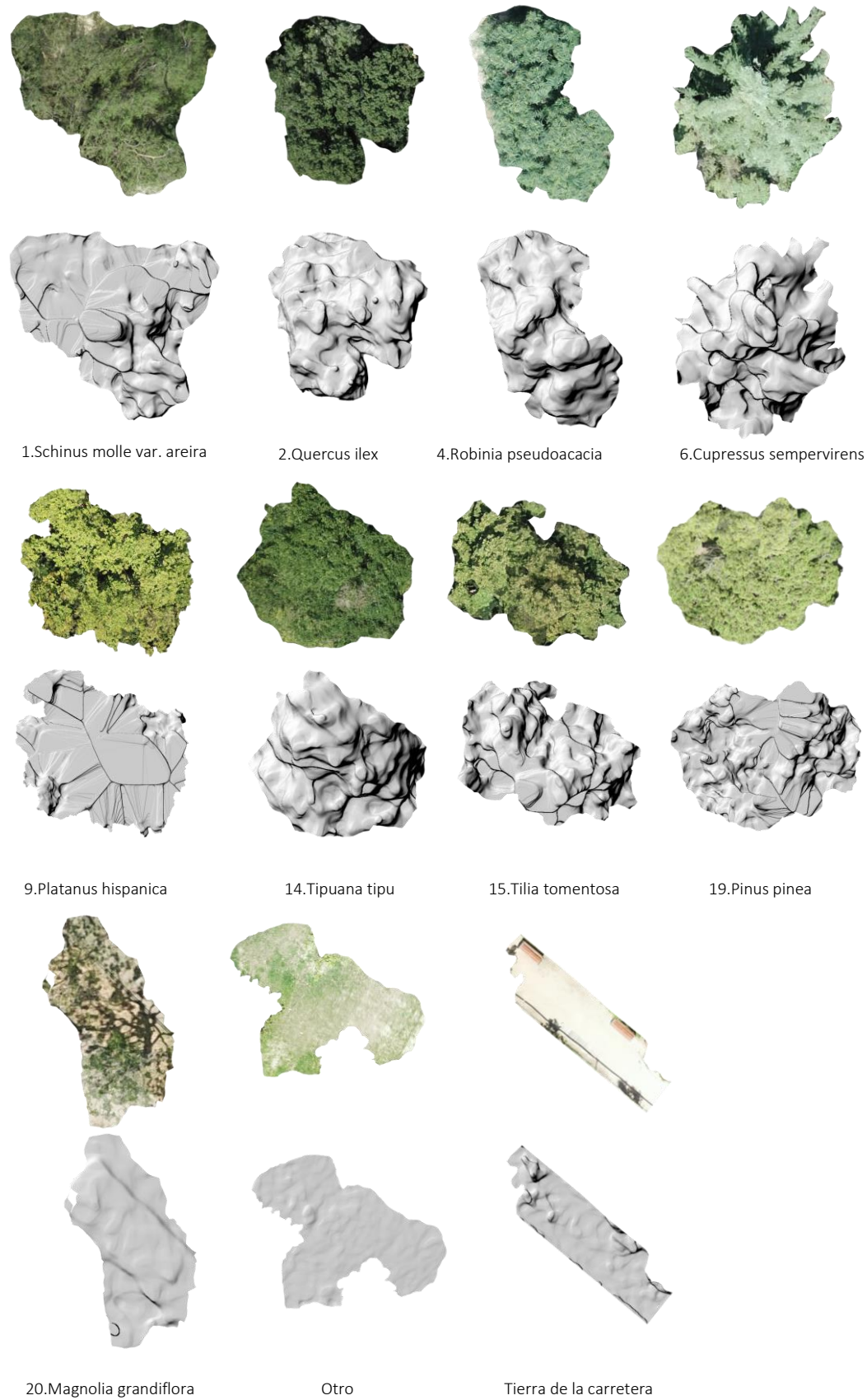
Tabla: 4 Resultados de la cantidad de árboles

	Nombre del árbol	Cantidad real	Cantidad Antes de la modificación	Cantidad Despues de la modificación
1	Schinus molle var. areira	18	14	16
2	Quercus ilex	95	88	92
4	Robinia pseudoacacia	14	26	16
6	Cupressus sempervirens	22	47	19
9	Platanus hispanica	33	82	55
14	Tipuana tipu	94	60	67
15	Tilia tomentosa	28	19	27
19	Pinus pinea	20	53	23
20	Magnolia grandiflora	13	24	4
	Total	335	413	319

Fuente: Elaboración propia de ArcGis Pro

Finalmente usamos la herramienta extract by mask que esta dentro de la programa ArcGis Pro para extraer las formas de corona de cada arbol

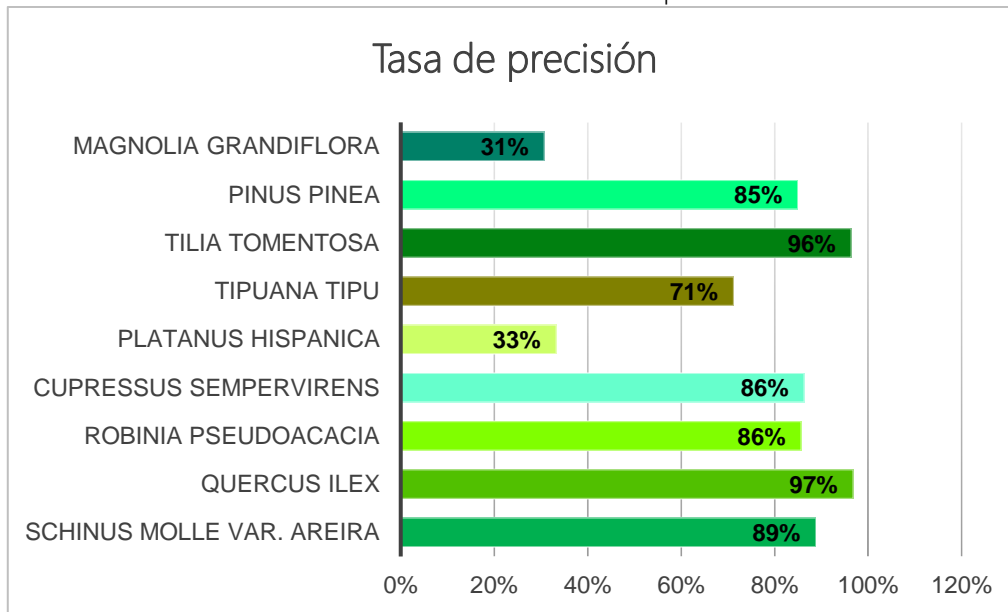
Figura: 40 Corona de árbol



Fuente: Elaboración propia de ArcGis Pro

## 6 Conclusion y perspectiva

Tabla: 5 Tasa de precisión



Con el rápido desarrollo de la ciencia de la información y diversas áreas, las imágenes de teledetección de alta resolución son cada vez más importantes para el desarrollo de la infraestructura nacional y se usan cada vez más. En comparación con las plataformas de teledetección aeroespacial tradicionales, los sistemas de teledetección UAV de baja altitud son más flexibles, tienen tiempos de respuesta más cortos y tienen una resolución de imagen más alta, que pueden compensar eficientemente las deficiencias de las plataformas tradicionales de teledetección y son ampliamente utilizados en la medición aérea en pequeña escala. La adquisición de imágenes en condiciones malas, revisión de construcción de infraestructuras, estudios de tierras y recursos, etc., tienen un importante valor de aplicación. Basado en el análisis de Parc turó en Barcelona como ejemplo, seleccionamos los datos de 9 árboles principales en el parque y con proceso de obtención de imágenes de satélite como la preparación de la fotografía aérea, investigación a la zona, etc. Al final sacamos las categorías principales de los árboles de la zona y números. (1) Se analizan el estado de la aplicación, el historial de desarrollo y la composición del sistema del UAV, destacamos ventajas como agilidad, el bajo coste y el corto período de fotografía aérea dan resultados de obtener de forma rápida y precisa la imagen de teledetección del área capturada. Los productos digitales completos de alta puntuación pueden proporcionar soporte técnico básico y garantía en diversos campos, como socorro de terremotos, monitoreo agrícola y reparación de edificios, tienen un alto valor de aplicación y viabilidad.

(2) Se introducen las tecnologías claves del sistema de fotografía aérea de dron, que incluyen los principales factores de la fotografía aérea de drones aéreos, las principales técnicas y pasos de la fotogrametría aérea, y los detalles del procesamiento de datos de imágenes de teledetección.

(3) Basado en el análisis realizado en el espacio verde de Turó Parc de Barcelona, describimos el proceso de elaboración de imágenes de alta resolución fotografiadas por dron y con ayuda del sistema Ecognition, desde la fotografía, recolección de datos hasta las diferentes imágenes obtenidas, sacamos las 9 categorías de los árboles y hemos investigado detalladamente sus porcentaje correctos.

La investigación del proyecto tiene como objetivo identificar especies de árboles específicos en selvas densas

del parque a través de imágenes de alta resolución de fotografías aéreas de drones. Combinamos imágenes de alta resolución y diferentes perspectivas con elevación y aspecto, y utilizamos el método de segmentación de resolución múltiple del sistema para segmentar todas las categorías del parque. Con la diferencia entre la altura y el color, reconocemos la forma de árbol. A través del muestreo estadístico actual, seleccionamos nueve árboles principales en el parque para analizar. Como el parque no es solo árboles, hay algunos caminos y algunos objetos que no son de árbol verde como césped, piscinas verdes, etc. Se agrupan junto con especies de árboles no corrientes en una clase (otra) y en tierra firme. A través de estas muestras, los nueve árboles se extraen de los polígonos segmentados utilizando el método de clasificación de vecinos más cercanos.

Sacamos el número total de esos 9 tipos principales de árboles con el autoreconocimiento del sistema. Dado que la porción poligonal restante tiene un estado en el que se fusionan varias especies, o la misma copa está separada por varios polígonos, para verificar con mayor precisión de los resultados extraídos de la muestra actual, combinamos la corrección manual con imágenes de alta resolución de mapeo positivo, fusionamos o dividimos de nuevo. Finalmente, se obtiene el número exacto de estos 9 árboles. Entre los resultados obtenidos, 6 tipos pueden contar su número con una precisión del 85%. Debido a las claras características de la forma del árbol, *Quercus ilex* y *Tilia*, estos dos árboles se clasificaron con altas tasas de precisión de 97% y 96%, respectivamente.

Pero existe error en la especie de árbol *Platanus hispanica*. La razón principal es que la imagen generada no muestra buena información sobre el área de la especie, por lo tanto, el autoreconocimiento no reconoce muy bien los límites de la zona de esta especie. En segundo lugar, las especies de *Tipuana tipu*, debido a sus escasas hojas y la forma poco clara del árbol, solo arrojaron un 31% de precisión. *Magnolia grandiflora* es un tipo de árbol pequeño, sus troncos son muy densos, tan denso que hace difícil de contar. A partir de la situación real, el árbol de esta especie está compuesta de varios troncos, por lo que identificamos el número de resultados es menor que sus resultados reales, y obtenemos el 71% de precisión.

Estos resultados significan que podemos clasificar las especies arbóreas utilizando imágenes aéreas de alta definición de drones y podemos contar aproximadamente sus números. Debemos prestar con atención este hecho porque solo hemos usado imágenes RGB digitales que son fáciles de obtener. Por otro lado, la mayoría de los estudios anteriores utilizaron hardware costoso, como generadores de imágenes multiespectrales para mejorar el rendimiento y más.

El bajo coste y fáciles de usar hacen que los drones nos permitan revisar regularmente. Nuestro sistema semi-vigilancia se convertirá en una herramienta rentable para la detección remota de espacios verdes. Aunque hemos logrado una clasificación de alta precisión, pero existe algunas estadísticas con error. Principalmente concentrado en especies de árboles con características no claras que incluye también las vegetaciones que están debajo de los árboles, algunos de los árboles que no son visibles desde el mapa digital.

En nuestros métodos de investigación, hay 2 razones que hacen que nosotros logremos buenos resultados. El primero es que tenemos una clasificación basada en objetos. Combinamos píxeles, elevaciones y aspecto como objetos. Estudios previos han demostrado que la clasificación basada en objetos es más precisa que la clasificación basada en píxeles (Tarabalka et al., 2010). En este problema, nuestro método no puede separar perfectamente cada árbol, por lo que mejorar el método de segmentación o ajustar los parámetros de su segmentación de entrenamiento dará lugar a una clasificación de mayor precisión, para que podamos calcular con mayor precisión el número de cada tipo de árbol.

Otra razón para obtener buenos resultados es que obtenemos imágenes de entrenamiento y prueba de la misma área y al mismo tiempo. La forma del árbol será diferente en diferentes ambientes y diferentes climas, y el color y la iluminación de las hojas varían según la estación y el clima. Usando la estacionamiento de las formas de árbol o DEM y el color de la hoja mejorará la precisión de la clasificación. En vista de la practicidad de los resultados, se necesita un modelo de ejemplo más versátil en futuras investigaciones, que es una imagen de entrenamiento de varios lugares y horarios.

Aunque existen muchas incertidumbres en el experimento, como los parámetros de la segmentación de resolución múltiple, es uno de los principales factores que afectan la tasa de precisión. La modificación artificial tiene cierta subjetividad.

Sin embargo, creo que la detección de espacios verdes por drones no profesionales merece atención porque tiene un gran potencial y no solo puede producir buenos resultados en la pendiente de elevación, sino que también tiene una función interesante que es la formación de modelo 3D. Mediante la fotografía de terreno en diferentes posiciones y ángulos ya puede generar modelos 3D, junto con la combinación de resultados de análisis 2D a 3D, creo que podemos obtener una precisión mayor.

Dado que el uso de drones en Barcelona existe una cierta de restricciones, en este proyecto no hemos realizado análisis en diferentes escenarios. Para determinar aún más la viabilidad de este método, se necesitan más muestras para verificar el resultado. Espero que en el próximo trabajo podamos estudiar más parques diferentes para aumentar la precisión de este experimento.

En la definición de precisión, se necesitan más muestras para verificar el resultado. Espero estudiar más parques diferentes en el próximo trabajo, aumentando así la precisión de esta investigación

## 7 Referencias

- Asrar, G. Q., Fuchs, M., Kanemasu, E. T., & Hatfield, J. L. (1984). Estimating Absorbed Photosynthetic Radiation and Leaf Area Index from Spectral Reflectance in Wheat 1. *Agronomy journal*, 76(2), 300-306.
- Cheng Yahui. 1:500 mapping study based on light and small combined wide-angle low-altitude camera [D]. Shandong University of Science and Technology, 2012.
- Dahmann, N., Wolch, J., Joassart-Marcelli, P., Reynolds, K., & Jerrett, M. (2010). The active city? Disparities in provision of urban public recreation resources. *Health & place*, 16(3), 431-445.
- Dong Huanhuan. (2013). Research on three-dimensional visualization ground control system for micro-UAV. (Master's thesis, Dalian university of technology).
- Egbert, S. L., Park, S., Price, K. P., Lee, R. Y., Wu, J., & Nellis, M. D. (2002). Using conservation reserve program maps derived from satellite imagery to characterize landscape structure. *Computers and electronics in agriculture*, 37(1-3), 141-156.
- Fu Cong qiao. (2008). Application and Development analysis of warship carries unmanned machine system. *Ship electronic engineering* (4), 34-36.
- Gallo, K. P., Daughtry, C. S. T., & Bauer, M. E. (1985). Spectral estimation of absorbed photosynthetically active radiation in corn canopies. *Remote Sensing of Environment*, 17(3), 221-232.
- Guanghong LIU. (2011). Modeling and Optimal Design of Optical System for Offner Field Imaging Spectrometer, (Prof.Gang WU, University of Science and Technology of China).
- He, C., Zhang, Q., Li, Y., Li, X., & Shi, P. (2005). Zoning grassland protection area using remote sensing and cellular automata modeling—a case study in Xilingol steppe grassland in northern China. *Journal of Arid Environments*, 63(4), 814-826.
- Hung, T., Uchiama, D., Ochi, S., Yasuoka, Y., 2006. Assessment with satellite data of the urban heat island effects in Asian mega cities. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation* 8, 34–48.
- Knight, J. F., Lunetta, R. S., Ediriwickrema, J., & Khorram, S. (2006). Regional scale land cover characterization using MODIS-NDVI 250 m multi-temporal imagery: A phenology-based approach. *GIScience & Remote Sensing*, 43(1), 1-23.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 1097-1105).
- Langley, S. K., Cheshire, H. M., & Humes, K. S. (2001). A comparison of single date and multitemporal satellite image classifications in a semi-arid grassland. *Journal of Arid Environments*, 49(2), 401-411.
- LiLei. (2011). Path planing and datalink system for small-UAV. (Doctoral SongGang, Shandong university).
- Linbin. (2012). Reserch of Optimal Placement of Sensors for Health Monitoring System of long-Span suspensión bridge, (Doctoral Yangxialin, Lanzhou Jiaotong University).
- Linhui (2007). Introduction to the satellite remote sensing Groud Receiving Station in HongKong. *Journal of Remote Sensing*, 11(6), 941-943.
- Lunetta, R. S., Johnson, D. M., Lyon, J. G., & Crotwell, J. (2004). Impacts of imagery temporal frequency on land-cover change detection monitoring. *Remote Sensing of Environment*, 89(4), 444-454.
- LuoJunJun. (2014). Research on Telemetry Remote Control Ground Station System of Unmanned Aerial Vehicle (Master's thesis, Nanchang Hangkong University).
- Liyan. (2012). Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing Images and Digital Elevation Model of Three

Dimension Visualization Research , Prof. Lluqingyuan, School of Earth Sciences and Information Physics, Central South University).

Nordberg, M. L., & Evertson, J. (2005). Vegetation index differencing and linear regression for change detection in a Swedish mountain range using Landsat TM® and ETM+® imagery. *Land Degradation & Development*, 16(2), 139-149.

Taha, H., Akbari, H., Rosenfeld, A., Huang, J., 1988. Residential cooling loads and the urban heat island – the effects of albedo. *Build. Environ.* 23, 271–283.

Tian Xiaocheng. Discussion on the Factors Affecting Photogrammetry Accuracy[J].*Urban Construction Theory Research: Electronic Edition*, 2013,(18)

Wang Conghua. (2006). Image data processing methods of UAV low altitude remote sensing., QingDao:Shandong University of Science and Technology

Weizi Yan. (2013). Based on the UAV Orthophotos to analyse Land Use/Land cover (Doctoral Bao Yuhai, Huhehaote: Inner Mongolia Teaching University).

Xiao, X., Zhang, Q., Braswell, B., Urbanski, S., Boles, S., Wofsy, S., ... & Ojima, D. (2004). Modeling gross primary production of temperate deciduous broadleaf forest using satellite images and climate data. *Remote Sensing of Environment*, 91(2), 256-270.

Xie Chunmao.(2013). UAV system industry development and market research. *Technology communication*, 11, 77-79.

Yan Ming,& Li Yanyan.(2013).A3 Digital Aerial Photogrammetry System Overview. *Technology information*, (11), 37-40.

Yiliucheng. (2013). Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing Images and Digital Elevation Model of Three Dimension Visualization Rearch.(Doctoral dissertation, Changsha: University Zhongnan).

ZENG Yanwei, YI Yaohua, LI Qian, PENG Huasha, & PENG Hua-sha. (2011). Research on Frame Digital Aerial Photography Products Quality Inspection Method. *Mapping*, (5), 195-197.

Zhang Wenbo. (2013). The Application Research of UAV Aerial Survey in Comprehensive Renovation of Land., (Doctoral Guo Yunkai, Changsha: Changsha University of Science & Technology).

ZhaoXiang. (2015). Research and Application of DOM Production Technology Based on UAV aerial photography (Doctoral ZouShilin, Nanchang: East china institute of technology).

Zhu Aiyuan.(2012). Lidar topographic mapping remote sensing technology research. *Science and technology innovation guide*, (17), 106-106.